Annual Report

M. D. F. L. LIBRARY
OCT 26 1959
FISH & WILDLIFE SERVICE

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

ND

FOR THE YEAR

1958

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1958

Inter-American Tropical Tuna Commission
3194
Annual Reports
1958-62

La Jolla, California
1959

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

MEMBERS

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

MIEMBROS

Costa Rica

José L. Cardona-Cooper
Victor Nigro
Virgilio Aguiluz
Fernando Flores

Panamá

Juan L. Obarrio
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo

United States — Estados Unidos de América

Robert L. Jones
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Arnie J. Suomela

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

ANNUAL REPORT

FOR THE YEAR

1958

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

INFORME ANUAL

CORRESPONDIENTE AL AÑO

1958

La Jolla, California
1959

CONTENTS INDICE

Annual Report of the Commission (Versión en inglés) 3-16

Informe Anual de la Comisión (Spanish version) 17-33

Appendix (Versión en Inglés)

A. Report of the Director on the investigations during the year 1958 34-74

Apéndice (Spanish version)

A. Informe del Director sobre las investigaciones efectuadas durante el año 1958 75-121

REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1958

The Inter-American Tropical Tuna Commission was established by a Convention, between the Governments of Costa Rica and the United States, which entered into force in 1950. Under a provision of the Convention inviting the adherence of other nations having an interest in the tuna and tuna-bait resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean, Panama also adhered in 1953.

The Convention has the purpose of providing for the collection and interpretation of factual information which will facilitate maintaining at levels of maximum sustainable yield, the populations of tropical tunas, and of the bait fishes employed in their capture. It directs the Commission to undertake all necessary scientific investigations, to publish reports on the results, and to make recommendations for joint action by the member governments to attain the Convention's objectives.

The Commission initiated in 1951 its investigations, which are now in their eighth year, and which are conducted by a permanent, international scientific staff. The investigations include enquiries into the life history, population structure, behavior and ecology of the tropical tunas and of the important species of bait fishes, and the determination of the effects of fishing and of fishery-dependent environmental factors, on the abundance of their populations and on the harvests which they will sustain. It has been found that, at the present level of exploitation, conservation recommendations are not yet required for either of the tropical tuna species nor for the major bait fish stocks. The continuing scientific program, however, continuously monitors the fishing power of the fleets and the current status of the fish stocks, thus enabling the Commission to make pertinent recommendations for regulation whenever it becomes necessary. The increasingly detailed knowledge being obtained concerning the biology, ecology and behavior of the tunas and tuna-bait species will provide a sound basis for efficient conservation measures when needed.

Program of investigations

Research funds were made available by the member governments during 1958 in the same amount as the previous year. These have been sufficient to support the full program of investigations recommended by the Commission.

The scientific staff of the Commission works in close cooperation with other university, governmental, and international research agencies in the Eastern Tropical Pacific. Much of the research is conducted jointly with scientists of the Scripps Institution of Oceanography of the Univer-

sity of California, where our headquarters laboratory is located. Work at our regional laboratories in Panama and Costa Rica is coordinated with investigations being conducted by the fishery agencies of these countries and by visiting scientists of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. The staff has also cooperated effectively with the California State Fisheries Laboratory, the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru, the Meterological and Hydrographic Branch of the Panama Canal Company, and other agencies.

Research during 1958, in accordance with plans approved by the Commission, has included:

1. Collection, compilation and analysis of catch statistics, logbook data, and related information for the tunas and bait fishes.

   a. Continuing routine collection and compilation of current data.

   b. Continuing analysis to study changes in abundance and yield in space and time.

   c. Continuing research to improve indices of abundance and fishing effort, and to measure the co-variations in aggregations of fish and fishing effort.

   d. Further development and application of theoretical models for the study of the fishery dynamics of the tunas and bait fishes.

2. Investigations of life history, biology, and population structure of the tunas.

   a. Continuation of size-frequency measurement program at San Diego, San Pedro, and northern Peru.

   b. Further research on age and growth from modes in size frequencies, with particular reference to areal and year-to-year variations.

   c. Continued research on changes in abundance of age-groups in space and time by the combination of data on size frequencies and catch-per-unit-of-fishing effort.

   d. Morphometric studies—completion and publication of morphometric studies of tunas. This line of investigation to be then suspended.

   e. Studies of tuna migrations.

      (1) Tagging

         (a) Continued improvement of tags and of tagging and recovery techniques.

         (b) Continued full-scale tagging operations, aboard vessels based at California ports throughout the year.

(c) Tagging throughout the year from vessels based in Peru and initiation of tagging from vessels based in Ecuador.

(2) Inference of migration patterns from shifts of matching modal size groups (in market measurement samples) between contiguous sampling areas.

f. Studies of tuna maturation, spawning and early life history.

(1) Continued collection and analysis of data on maturity of gonads of tunas in commercial catches; collection to be discontinued in some areas where data are now adequate and concentrated on areas where samples are not yet adequate.

(2) Continuing study of collections of juvenile tunas collected incidentally to tagging, oceanographic, and other cruises.

(3) Continued study of occurrence of planktonic larvae; an additional special cruise for this purpose was made in May-June 1958 in the region of the Tres Marias, and additional cruises will be planned for 1959.

g. Studies of schooling habits of tunas.

(1) Continued collection and analysis of data on species and size composition of schools, collected by scientists aboard commercial vessels on tagging cruises.

3. Oceanography and tuna ecology.

a. Continuing study of existing oceanographic and meteorological data for:

(1) General description of the circulation of the Eastern Pacific.

(2) Correlation of seasonal and annual variations in meteorological, oceanographic, and biological features.

b. Continuation of analysis of physical and biological data from "Scope" cruise and from the "Island Current Survey" of 1957.

c. Conducting of a special cruise "Scot", in cooperation with the Scripps Institution of Oceanography, in April-June 1958 to obtain further general survey data on physical, chemical, and biological oceanography of the Eastern Pacific from California to Panama, and analysis of resulting data.

d. Continued studies of the use of zooplankton indicator organisms to identify water masses.

e. Continuation of collection of quasi-synoptic surface temperature data from thermographs aboard commercial tuna-fishing vessels.

f. Continued cooperation with the Scripps Institution of Oceano-

graphy, the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru, and other agencies in the establishment of sea-level and water temperature recording equipment at selected points on the mainland and on outlying islands.

g. Continued work, primarily in cooperation with other agencies, on the development of instruments for obtaining time-series of oceanographic data from fixed or free-floating buoys.

h. Studies of physical, chemical and biological processes in selected areas of importance to the tunas.

4. Research on bait fishes.

a. Continued studies in the Gulf of Nicoya, Costa Rica, with primary emphasis on life history, biology and ecology of herrings *(Opisthonema)*.

b. Continued studies in the Gulf of Panama and adjacent areas off the Colombian coast of the life history, biology and ecology of the anchoveta stocks of that region.

c. Continued collection of data and materials from other areas by tuna vessels and by special field trips.

d. Continuation at headquarters and regional laboratories of studies of larval and juvenile stages of anchovetas and related species; increased attention to secondary bait species as various phases of anchoveta studies are brought to completion.

Progress on Investigations

Research has been conducted during the year along the foregoing lines, with good progress on most of them. Unfortunately, two of our senior scientists, Dr. Bell M. Shimada and Mr. Townsend Cromwell, were lost in an airplane accident in early June while enroute to join the "Scot" oceanographic expedition. In consequence, there was some delay in the studies of physical, chemical and biological oceanography in which these men were engaged, until new personnel could be recruited and the program reorganized to take account of their tragic loss.

A considerable share of the staff's effort has been devoted to the analysis of accumulated data, and the writing of technical reports on the results for publication in our *Bulletin* series and in outside journals.

A very important continuing task is the monitoring of the distribution and abundance of the fish stocks, the intensity of fishing to which they are subjected, and the harvests taken. These are measured, using data from the records of the fishery, by standard methods described in previous reports. From these measurements, in comparison with similar information for past years, it is possible to estimate the current condition of the fish populations with respect to the condition corresponding to

maximum sustainable catches. From these data, also, it is possible to observe changes in the distribution and behavior of the tunas in response to changing environmental conditions. The staff also keeps close track of the potential fishing power of the fishing fleets, and of probable short term trends, in order to estimate the intensity of fishing to which the stocks are likely to be exposed in the near future.

Data obtained in 1958 give no reason to modify the conclusions arrived at earlier that the skipjack tuna populations of the Eastern Pacific are being much underfished, and that the year-to-year variations in their abundance are, at current levels of exploitation, largely fishery-independent. During 1958, the apparent abundance and total catch of this species markedly increased along with some increase in fishing effort.

Yellowfin tuna, on the contrary, are being exploited at sufficiently high levels of fishing effort to affect the average abundance of their population in the Eastern Pacific. However, the current level of fishing effort remains below that estimated to correspond to maximum sustainable average harvest, and, considering the present potential fishing power of the tuna fishing fleets, there appears no likelihood that they can be overfished in the near future. During 1958, there was a marked drop in average abundance of yellowfin encountered by the clipper fleet, and a drop in the total harvest, despite some increase in fishing effort, and despite good availability of this species to purse seiners, which took a much larger share of the total harvest of yellowfin in 1958 than in any recent year.

The availability of yellowfin tuna and of skipjack was undoubtedly strongly affected in 1958 by the abnormally high sea temperatures which occurred during the whole year all along the eastern side of the Pacific Ocean. Associated with these high temperatures, the tropical tunas were encountered in commercial abundance much further poleward at the northern and southern extremes of their range, while, at the same time, success of fishing in the central part of the range was low. Since the extremes of the fishery, especially the southern waters off central Peru produce a preponderance of skipjack, the clippers, in consequence, concentrated much of their effort on that species.

Besides the routine collection and analysis of catch statistics by standard methods, staff members are also engaged in development of new and improved analytical techniques, and in investigating additional aspects of the fishery from the catch-statistical data. During 1958, there was completed a study of data on yellowfin tuna for the years 1951-1956, whereby one may measure changes in the degree to which the fishermen successfully concentrate their efforts on the most abundant fish aggregations. The effect of the variations in this on the standard measures of yellowfin tuna abundance was also investigated. Fortunately, it came out that our present annual abundance index for yellowfin tuna appears to be closely

correlated with the values of a more refined index taking into account variations in the "concentration factor"; that is, the annual mean "concentration factor", during these six years at least, was very nearly constant.

Records are also obtained from clipper logbooks from which the staff may estimate the harvests of each of the species of tuna-bait fishes. Total bait used in 1958 rose only a little from the previous year. There was, however, a marked change in the species composition of the catch. Due to the shift of fishing effort toward the northern and southern extremes of the fishery, there was a large increase in the use of the temperate-water bait species (northern and southern anchovies, California and southern sardines) and a substantial decrease in the utilization of the tropical anchoveta.

As we have pointed out in previous reports, one of the most urgent problems is the elucidation of the population structure and migrations of the tuna species, since it is desirable to consider separately any sub-populations which may exist. A large share of the staff's efforts, therefore, have been directed along several lines of research bearing on this problem, including morphometric studies, studies of size composition of the catch from different areas, tuna tagging and recovery, and a recently initiated study of tuna blood serology. Certain of these lines of research (tuna tagging and size-composition analysis) also provide at the same time, estimates of important vital statistics of the fish stocks—age and growth rates, mortality rates, and variations in recruitment to the fishery stocks.

A program of regularly sampling the commercial landings throughout the year from each fishing area, to determine the size composition, was commenced in 1954. Although some study of the resulting data was previously made and reported, it has only this year, with the completion of necessary basic tabulations of data through 1957, become possible to begin full scale analysis. The analysis has been primarily directed toward determining age-class structure, deriving estimates of age and growth, and calculating relative apparent abundance of age classes of yellowfin tuna in each sampling area. Skipjack studies are being carried foward on a subsidiary basis. From the study of the size composition of yellowfin from areas north of the Gulf of Tehuantepec, it has been found that an age class is recruited in each area at a size near 50 cm. in mid-year each year. The growth rate of each age class can be derived by following its modal progression month by month, and it has been found that the growth rates are very similar in each of the northern areas. Also, in each of these areas, there occurs sporadically a second age class, which enters the fishery, at a size near 50 cm. at a different season. The similarities among these areas suggest a common origin. Similar analysis for more southerly areas (Central America, Galapagos and Peru-Ecuador) has not yet yielded clear results. However, it appears that in Central America, at least, there are recruited each year two size-groups, of nearly equal abundance, entering

the fishery about six months apart. In any case, the size composition in the southern areas seems to differ regularly and importantly from that in the northern areas, and may afford a clue to existence of separate subpopulations.

Direct measurements of migrations of tunas of commercial sizes may be made by the tagging and recovery of specimens, thus elucidating the distributions of possible population components. During 1958, the staff has intensified its efforts toward liberation of large numbers of tagged fish throughout the range of the fishery. In addition to tagging from California-based ships and from vessels based in Peru, a field station was established in Manta, Ecuador in November to make possible tuna tagging from vessels fishing near that port. In August a small clipper was chartered to tag on the banks off Baja California, as a result of which over 9,000 tagged fish were liberated at a unit cost comparable to that experienced in tagging from vessels on fishing cruises. Since the inception of the tagging program in December 1955, there have been liberated 44,834 tagged tunas and there have been 1,093 recoveries through the end of 1958. Although some of the tagged fish of both species have exhibited movements of several hundred miles, the great majority move less than a hundred miles, even after many months at liberty. The commercial sizes of the tropical tunas certainly appear to be less migratory than was initially expected, and than their physical capabilities would indicate. From the returns to date a picture of migration patterns, and some idea of possible stock boundaries, is beginning to emerge. Since, however, most of the tagging has been concentrated toward the two ends of the range of the fishery, it is urgently necessary to tag intensively in the central portion before drawing many firm conclusions.

Manuscripts summarizing the results of morphometric studies of both tuna species have been completed. As reported last year, these studies have been suspended, because it is not believed that further significant progress can be made along these lines.

Recent work on blood serology of tunas by Japanese scientists in the Western Pacific and Indian Ocean, and similar studies of other fish species in the Eastern Pacific, indicate that comparative serology of tunas may be a promising new means of investigating population structure. An investigation into this matter has, therefore, recently been initiated in cooperation with the U. S. Bureau of Commercial Fisheries, which has already established a laboratory for this type of research at the Scripps Institution of Oceanography.

Several additional kinds of investigation into the biology, life history, and behavior of the tunas were also carried on during the year.

Spawning of tunas is being studied by two methods: examination of ovaries of females in commercial landings, and collection of larvae and juveniles by our scientists at sea. Gonad examinations during 1958 have

been primarily confined to sampling from areas where complete seasonal coverage had not been obtained in earlier years. The results have further refined the estimates of times and places of yellowfin tuna spawning, and have further confirmed that little or no skipjack spawning occurs in oceanic areas near the mainland, but that sexually mature skipjack are to be found in the far offshore waters in the vicinity of some of the offshore islands.

In connection with gonad examination, a study has also been initiated on the fecundity of each tuna species, and the relationship of fecundity to size. Data so far obtained have been for yellowfin tuna, and give results similar to those obtained for this species by researchers in Hawaii.

During 1958 numerous additional collections of larval and juvenile tunas have been made and identified. Especially productive were the plankton hauls from the Tuna Spawning Survey near the Revilla Gigedo Islands in the summer of 1957 and the "Scot" Expedition in waters as far south as Panama in the summer of 1958. Information on times and areas of occurrence of larvae and juveniles of yellowfin are becoming sufficient to give at least a rough picture of spawning activity in some parts of the Eastern Pacific. Of special interest is the indication that the results agree in general with the results of ovary examinations.

Regular collection of tuna stomachs from commercial landings (at cannery cutting lines) was initiated during 1958 in order to provide information on the relative importance of different kinds of organisms as food for each of the tropical tuna species, and, especially, to study any temporal and geographical variations. Rather marked differences have been discovered in the nature of the dominant foods of the two species, as well as large geographical differences, especially for yellowfin. Especially interesting is the fact that the data to date appear to confirm the hypothesis that the yellowfin tuna in the neighborhood of the offshore islands, such as the Revilla Gigedos, are subsisting in large part on benthonic fishes, which is not true in other habitats.

There has been continued collection and analysis of data, obtained aboard clippers in the course of tagging cruises, on the species composition of catches from individual schools, to compare with similar data obtainable from the results of single sets recorded in the logbooks of purse seiners. It appears that the percentage of the catch from pure (single species) schools is less for clippers than seiners. Data have also been collected respecting the size composition of individual schools, to study the degree of aggregation by size of each tropical tuna species, and they are currently being analyzed.

Research on physical, chemical and biological oceanography has been continued during the year in cooperation with the Scripps Institution of Oceanography and other agencies. Included have been further studies of

general oceanography of the Eastern Pacific and of particular features of importance in tuna ecology.

In order to obtain extensive data on the general physical and biological environment of the region between California and Panama Bight during a season of the year not covered by previous expeditions, a long cruise, "Scot" Expedition, was made in the summer of 1958 as a cooperative venture with the Scripps Institution of Oceanography. Personnel of our staff also participated in a cruise to the Gulf of Tehuantepec sponsored by the Scripps Institution in the fall.

Analysis of physical and chemical data from the Island Current Survey and Tuna Spawning Survey has been completed, and analysis of biological data is nearing completion. The data, upon close examination, have revealed certain "island effects" leading to increased basic productivity in the vicinity of Clarion Island and Shimada Bank, but not sufficient, apparently, to account for the large harvests of tuna made there. It appears most reasonable that a combination of locally increased productivity and some "short circuiting" of the food chain through benthic forms accounts for the high production of tuna in these places.

Isentropic analysis of data from "Eastropic" and "Scope" Expeditions, to study sub-surface currents, has been resumed, and an attempt is being made to extend the analysis by the incorporation of data from other cruises in the Eastern Pacific during the past 30 years. This work was interrupted by the death of Townsend Cromwell, hence progress has been less than would otherwise have been possible.

Studies of plankton indicator organisms, especially chaetognaths, of the "Eastropic" Expedition, and examination of material from some other cruises, indicate that these indicators of different oceanic environments may be useful to studies of tuna ecology. The results are confused, to a large extent, however, by lack of knowledge of vertical distributions of these organisms, a hiatus which it is planned to fill in the immediate future.

Efforts continue toward gathering of suitable time series of oceanographic data for use in understanding some of the environmentally induced variations in the tuna fishery. The attempt to obtain data by means of thermographs on tuna vessels has proven unprofitable, and will be discontinued. On the other hand, temperatures logged by masters of tuna vessels in their bridge logs, especially when supplemented by similar data from merchant vessel observations, appear to be capable of a good record of time-changes in sea temperatures throughout most of the area of interest to the Commission. Fortunately, several other agencies in addition to our own are interested in such data, and, therefore, good cooperation in their collection and analysis is possible.

In addition to the two shoreside temperature recording instruments in

operation by the Commission in northern Peru, the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru is undertaking to establish instruments at several coastal and island stations along the entire Peruvian coast.

The Tuna Oceanography Group of the Scripps Institution has undertaken intensive work toward the development of anchored offshore buoys for recording a variety of types of physical data, and the establishment, in important tuna fishing areas, of a number of them.

Bait fish studies are conducted both at the headquarters laboratory and at regional laboratories in Costa Rica and Panama. Research has been largely directed toward the life history and ecology of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus,* the most important of the bait species, other species being given subsidiary attention. With the essential completion of studies of age and growth, population structure, and spawning of anchovetas in most important baiting areas, much attention has recently been focused on their early life history, and on studies of the hydrography of the Gulfs of Nicoya and Panama, essential to ecological research.

The planktonic eggs of the anchoveta have been definitely identified at all stages by studies in the Gulf of Panama, both by indirect, inferential methods and, recently, by successful fertilization and hatching of eggs from ripe adults. Larvae have been hatched and reared to 96 hours (about 3 mm. length). Identification of planktonic larvae between 3 mm. and 20 mm., when they can be recognized by some adult characters, has not yet been accomplished.

Spawning season and areas in the Gulf of Panama have been studied in some detail. This species spawns between October and January, in very shoal water, each night between 0130 and 0430 hours, principally in the region between the Panama Canal and Punta de Brujas.

Following failure of tagging experiments in the Gulf of Panama in earlier years, experiments to discover the causes of lack of recoveries and, if possible, to develop a suitable tag, were conducted during 1958 on anchovetas held in live-boxes. Several types of tags, in addition to the toggle tags used in earlier field experiments, were employed. Initial mortality and tag shedding were heavy with all of them. It is necessary to continue these experiments and to develop an improved tag before further field trials will be worth while.

In an effort to determine whether there is intermingling between the anchovetas of the Gulf of Panama and of areas along the Colombian coast, an attempt was made to survey distribution of offshore, pelagic schools of juveniles during the early spring, but with little success. Collections of juveniles and adults are also being made in Colombia for biological comparison with specimens from Panama.

Observations were continued to obtain time-series of various physical, chemical, and biological properties at a fixed station in the Gulf of Pana-

ma, in accordance with methods previously described. These series, which were commenced in November 1954, will be suspended after the 1959 upwelling season, and the accumulated data thoroughly analyzed before making further observations. Certain routine meteorological and hydrographic data will, of course, continue to be available through the cooperation of the Panama Canal Company.

Personnel at the Puntarenas laboratory are continuing observations on the small anchoveta population of the Gulf of Nicoya, are collecting data on the life history of the thread herring, and are continuing hydrographic observations at established stations in the Gulf. Commencing in November 1958 ,they have also made monthly collections for tuna larvae, in the sea area off Cape Blanco, which is believed to be an important tuna spawning area, especially in the winter and early spring months.

The small population of anchovetas in the Gulf of Nicoya continues to survive and reproduce, but gives no evidence of any rapid increase in size to levels of commercial importance.

Thread herring, which is a suitable tuna bait species, and which has been used in limited amounts by local tuna boats, occur in considerable abundance in the Gulf of Nicoya. We have, therefore, during the last two years, collected materials for a study of important aspects of the life history of this species in the Gulf.

Accumulated data on the oceanography of the Gulf of Nicoya have been analyzed and will be published in the near future. Unlike the Gulf of Panama, which is dominated by seasonal upwelling phenomena, upwelling is of little or no importance in the Gulf of Nicoya. This Gulf is essentially an estuarine system, in which the dynamics are principally controlled by salinity variations associated with fresh waters entering in the upper reaches of the Gulf, and the main, seasonal variations are associated with variations in precipitation and consequent run-off into the Gulf.

A detailed report on the research during 1958, by the Director of Investigations, is attached hereto as Appendix A.

Publication of research results

An important phase of the Commission's scientific work is the publication of the research results. As various lines of investigation progress, an increasing share of the staff's time must be devoted to the analysis of data, and the reporting of the results in publications.

The Commission publishes studies by its staff, and by cooperating scientists in its *Bulletin* series. During 1958, five additional papers were published in this series, and several others were completed for publication early in the following year. The papers printed and distributed were:

Bulletin, Volume II, Number 8 — "The intestine as a diagnostic character in identifying certain clupeoids (Engraulididae, Clupeidae, Dussmeriidae) and as a morphometric character for comparing anchoveta

(Cetengraulis mysticetus) populations", by Wilhelm Harder (English and Spanish).

Bulletin, Volume II, Number 9 — "A study of the age, growth, sexual maturity, and spawning of the anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* in the Gulf of Panama", by Gerald V. Howard and Antonio Landa (English and Spanish).

Bulletin, Volume III, Number 1 — "Biometric comparison of the anchoveta, *Cetengraulis mysticetus* (Günther), from ten localities of the Eastern Tropical Pacific Ocean", by Julio Berdegué A. (English and Spanish).

Bulletin, Volume III, Number 2 — "Some aspects of upwelling in the Gulf of Panama", by Milner B. Schaefer, Yvonne M.M. Bishop and Gerald V. Howard (English and Spanish).

Bulletin, Volume III, Number 3 — "Thermocline topography, horizontal currents and 'ridging' in the Eastern Tropical Pacific", by Townsend Cromwell (English and Spanish).

In addition to these *Bulletins,* nine papers by our staff members were published during the year in other journals (See Report of the Director of Investigations, page 74).

Committees of the National Academy of Sciences— National Research Council

During the year Dr. Schaefer continued to serve on two Committees of the National Academy of Sciences — National Research Council of the United States.

A report of the Committee on Biological Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries, under the chairmanship of Dr. Roger Revelle, was published and distributed during the year. This Committee has, during the year, prepared for the Committee on Oceanography detailed estimates of funds required to be provided by the United States for research in this field. It has also, upon request of the A.E.C., initiated studies toward recommendations for the disposal of low-level atomic wastes off both the east and west coasts of the U. S., and studies toward recommended practices in the disposal of low-level wastes from nuclear powered ships.

The Committee on Oceanography has met several times during 1958. This Committee is engaged in preparing a report on the status of marine sciences in the United States and recommendations on the research and development work in this field which will be required during the next decade. It is expected that the report will be completed early in 1959.

International Conference on the Law of the Sea

An International Conference on the Law of the Sea was held under the auspices of the United Nations in Geneva, Switzerland from 24 February to 27 April 1958. At this conference, which was attended by plenipotentiaries of 86 nations, there were prepared and opened for signature four Conventions: (1) Convention on the Territorial Sea and the Contiguous Zone (2) Convention on the High Seas (3) Convention on Fishing and Conservation of the Living Resources of the High Seas (4) Convention on the Continental Shelf. The conference also adopted an Optional Protocol of Signature covering the Compulsory Settlement of Disputes.

Dr. Schaefer, at the invitation of the Secretary General of the United Nations, and with the authorization of the Initer-American Tropical Tuna Commission, served on the Secretariat of the Conference as an expert on fisheries and related matters.

Membership changes

In January 1958, the Republic of Panama appointed to the Commission Mr. Richard Eisenmann, Mr. Gabriel Galindo and Mr. Juan L. Obarrio, replacing Mr. Miguel A. Corro, Mr. Domingo Diaz, and Mr. Walter Myers.

Mr. Gordon W. Sloan, upon being appointed Justice of the Supreme Court of the State of Oregon, resigned from the U. S. Section of the Commission in February 1958. Mr. Robert L. Jones of Oregon was appointed to the United States Section in July 1958.

Col. Fernando Flores B. was appointed as a fourth member of the Costa Rican Section of the Commission in October 1958.

Annual Meeting

The Commission held its regular annual meeting in Panama City, Republic of Panama, on 11 February 1958. The following actions were taken:

1) Approved for publication the Annual Report for 1957.

2) Reviewed research in progress, and discussed and approved the program of investigations for the fiscal year 1958-1959.

3) Discussed the forecast of the research program and budget requirements for fiscal year 1959-1960. Recommended to the member governments, for that fiscal year, the research program requiring a budget of $388,345.

4) Determined, on the basis of current statistics of utilization of yellowfin and skipjack tuna in the respective member countries, that the joint expenses of the Commission during fiscal year 1959-1960 should be

in the following proportions: United States of America 99.8%; Costa Rica 0.2%; Panama, minimum contribution of $500.

5) Authorized Dr. M. B. Schaefer to accept the invitation of the United Nations to attend the International Conference to Examine the Law of the Sea as an expert to the Secretariat and also authorized him to act as an observer for the Inter-American Tropical Tuna Commission. Authorized any Commissioner to attend the Conference as an observer for the Commission providing that the costs of such attendance should not be provided from the Commission's joint expenses.

6) Elected Mr. Juan L. Obarrio, of Panama, Chairman and Mr. Lic. José L. Cardona-Cooper, of Costa Rica, Secretary, for the next year.

7) Agreed to hold the next annual meeting in San Pedro, California, on the first Thursday in February 1959.

The intensity of fishing on the tuna and bait fish stocks was increased somewhat in 1958, due to full operation of the fishing fleets during the entire year, whereas there had been some economic curtailment during 1957. The present size of the fishing fleets is, however, not sufficiently large to subject the species with which we are concerned to overfishing. Hence, no conservation recommendations are in order at the present time. Since, however, the markets for tuna continue to increase, it may be expected that the fishing effort in the Eastern Pacific will again resume an upward trend within the next few years. A moderate increase in fishing intensity will result in the need for conservation measures to maintain the harvest of yellowfin tuna at its average maximum sustainable level.

INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION

Juan L. Obarrio, Chairman
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Arnie J. Suomela
Robert L. Jones
Virgilio Aguiluz
Fernando Flores
Victor Nigro
José L. Cardona-Cooper, Secretary

INFORME DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL CORRESPONDIENTE AL AÑO 1958

La Comisión Interamericana del Atún Tropical fué establecida por una Convención entre los Gobiernos de Costa Rica y de los Estados Unidos, la cual entró en vigencia en 1950. Panamá se adhirió a la Convención en 1953, de conformidad con una cláusula que deja la puerta abierta a los otros países interesados en los recursos atuneros y de carnada para el atún del Océano Pacífico Oriental Tropical.

La Convención abriga el propósito de recolectar e interpretar la información que facilite el mantenimiento de las poblaciones del atún tropical y de los peces de carnada que se emplean en la pesquería atunera, a niveles que proporcionen un rendimiento máximo sostenible. Esto obliga a la Comisión a efectuar las investigaciones científicas necesarias, a publicar informes sobre los resultados de esas investigaciones y a formular recomendaciones para una acción conjunta, por parte de los Gobiernos Miembros, con el fin de alcanzar los objetivos de la Comisión.

La Comisión inició sus investigaciones en 1951; se encuentran ya en su octavo año y están a cargo de un grupo científico internacional permanente. Las investigaciones comprenden estudios sobre la historia natural, la estructura de las poblaciones, los hábitos y ecología del atún tropical y de las especies importantes de carnada, así como la determinación de los efectos de la pesca y de los factores ambientales dependientes de la pesquería, sobre la abundancia de las poblaciones de esos peces y la producción que pueden mantener. Considerando el nivel de explotación de los presentes momentos, se ha creído que no se requieren todavía recomendaciones de tipo conservacionista ni con respecto a las especies de atún tropical ni en cuanto a los más importantes stocks de peces-cebo. Sin embargo, el programa continuo de estudios científicos permite controlar constantemente el poder de las flotas pesqueras y las condiciones en que se encuentran los stocks de peces, lo que capacita a la Comisión para hacer las recomendaciones pertinentes en el sentido de emitir y poner en vigencia reglamentos, cuando éstos lleguen a ser necesarios. El creciente y detallado conocimiento que se obtiene continuamente sobre la biología, ecología y hábitos del atún y de las especies de carnada que se emplean para pescarlo, constituye una base cada vez más sólida para dictar eficientes medidas de conservación en el momento oportuno.

Programa de investigaciones

Los fondos para la investigación fueron puestos a disposición de la Comisión del Atún por los Gobiernos Miembros, durante 1958, en la misma cantidad que el presupuesto del año anterior. Han sido suficientes para mantener y desarrollar el programa complete de investigaciones recomendado por la propia Comisión.

El personal científico de este organismo trabaja muy de cerca en cooperación con otras entidades universitarias, gubernamentales é internacionales dedicadas a la investigación en el Pacífico Oriental Tropical. Muchos de los estudios se efectúan conjuntamente con científicos de la Institución Scripps de Oceanografía de la Universidad de California, en donde tenemos instalado nuestro laboratorio principal. El trabajo en nuestros laboratorios regionales de Panamá y Costa Rica está coordinado con las investigaciones que realizan las oficinas de pesquerías de estos países y científicos visitantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El personal ha cooperado también en forma efectiva con el Laboratorio de Pesquerías del Estado de California, el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú, la Sección de Meteorología e Hidrografía de la Compañía del Canal de Panamá y otras entidades.

La investigación durante 1958, de acuerdo con los planes aprobados por la Comisión, comprende lo siguiente:

1. Recolección, compilación y análisis de estadísticas de pesca; de los datos de los registros de bitácora y de la información relacionada con el atún y los peces de carnada empleados en su captura.

   a. Continuación de la recolección y compilación rutinaria de los datos corrientes.

   b. Continuación del análisis para el estudio de los cambios en la abundancia y rendimiento en el tiempo y en el espacio.

   c. Continuación de la investigación para mejorar los índices de la abundancia y el esfuerzo de pesca, y para determinar las covariaciones en el conjunto de las poblaciones de peces y en el esfuerzo de pesca.

   d. Un mayor desarrollo y aplicación de los modelos teóricos para el estudio de la dinámica de la pesquería del atún y de los peces de carnada.

2. Estudios sobre la historia natural, la biología y la estructura de las poblaciones del atún.

   a. Continuación del programa de medición de las frecuencias de tamaños, que se desarrolla en San Diego, San Pedro y el norte del Perú.

   b. Una investigación más amplia sobre la edad y crecimiento a base de los modos en las frecuencias de tamaños, con particular referencia a las variaciones entre las áreas y de un año a otro.

   c. Continuación del estudio sobre los cambios en la abundancia de los grupos de edades en el espacio y en el tiempo, por la combinación de los datos en las frecuencias de tamaños y los de la pesca por unidad de esfuerzo.

d. Estudios morfométricos: Terminación y publicación de los estudios morfométricos del atún.

e. Estudios de los movimientos migratorios del atún.

(1) Marcación de atunes

(a) Continuación de los esfuerzos para mejorar las marcas o señales de los sistemas de marcación y recobro de los peces.

(b) Continuación de las operaciones de marcación en gran escala, a bordo de embarcaciones con base en los puertos de California, durante todo el año.

(c) Marcación durante el curso del año, a bordo de embarcaciones con base en el Perú, e iniciación de esas operaciones en barcos con base en Ecuador.

(2) Determinación de los movimientos migratorios como consecuencia de los cambios en los grupos de tamaños modales concordantes (en las muestras medidas en los mercados) entre áreas contiguas de muestreo.

f. Estudio sobre la maduración, el desove y los primeros pasos en la historia natural del atún.

(1) Continuación de la recolección y análisis de los datos sobre madurez de las gónadas del atún recogidos en las pescas comerciales; esta recolección se descontinuará en algunas áreas de las cuales se tienen ya datos suficientes, y se concentrará en las áreas cuyas muestras no son adecuadas todavía.

(2) Continuación del estudio de las colecciones de atunes juveniles recogidos incidentalmente en viajes dedicados a la marcación, a observaciones oceanográficas y a otros propósitos.

(3) Continuación del estudio de la presencia de larvas planctónicas; para este propósito se realizó una expedición adicional especial entre mayo y junio de 1958 en la región de Tres Marías, y se proyectarán otros viajes adicionales para 1959.

g. Estudios sobre los hábitos migratorios del atún.

(1) Continuación de la recolección y análisis de los datos sobre las especies y la composición de tamaños de los cardúmenes, recolectados por científicos a bordo de embarcaciones comerciales en viajes destinados a la marcación de ejemplares.

3. Oceanografía y ecología del atún.

a. Continuación del estudio de los datos oceanográficos meteorológicos existentes para obtener:

(1) Una descripción general de la circulación del Pacífico Oriental;

(2) La correlación de las variaciones estacionales y anuales en las características meteorológicas, oceanográficas y biológicas.

b. Continuación del análisis de los datos sobre oceanografía física y biológica recogidos durante la expedición "Scope" y el "Island Current Survey", en 1957.

c. Realización de una expedición especial, la llamada "Scot", en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía, entre abril y junio de 1958, para obtener mayores datos en la investigación general sobre la oceanografía física, química y biológica del Pacífico Oriental, desde California hasta Panamá, y análisis de los datos resultantes.

d. Continuación de las estudios sobre organismos indicadores de la presencia de zooplancton, para la identificación de las masas de agua.

e. Continuación de la recolección de datos cuasi-sinópticos de las temperaturas de superficie recogidos por termógrafos instalados en embarcaciones dedicadas a la pesca comercial del atún.

f. Continuación de los trabajos en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía, con el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú y con otras entidades, para el establecimiento de equipos registradores de los niveles y las temperaturas del mar en ciertos puntos seleccionados tanto en tierra firme como en las islas mar adentro.

g. Continuación del trabajo, principalmente el que se hace en cooperación con otras entidades, para el desarrollo de instrumentos destinados a obtener series de tiempo de datos oceanográficos por medio de boyas fijas o flotantes.

h. Estudios sobre los procesos físicos, químicos y biológicos en áreas seleccionadas como importantes para el atún.

4. Investigación sobre peces de carnada.

a. Continuación de los estudios en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, dando mayor énfasis a la historia natural, biología y ecología de los arenques *(Opisthonema)*.

b. Continuación de los estudios, en el Golfo de Panamá y en las áreas adyacentes frente a la costa colombiana, sobre la historia natural, la biología y ecología de los stocks de anchovetas en aquella región.

c. Continuación de la recolección de datos y material de estudio de otras áreas a cargo de barcos atuneros y en viajes especiales realizados por las localidades de interés.

d. Continuación, tanto en el laboratorio principal como en los regionales, de los estudios de los estados larvales y juveniles de la anchoveta y de las especies relacionadas con ella; se ha incrementado la atención tanto en las especies secundarias de carnada como en varias fases de los estudios de la anchoveta, para terminarlos cuanto antes.

Progreso de las investigaciones

Se ha efectuado una investigación durante el año en todas las líneas de estudio, a que se ha hecho referencia en el capítulo anterior, habiéndose logrado un buen progreso en casi todas. Desgraciadamente perdimos a dos de nuestros científicos principales, el Doctor Bell M. Shimada y el Señor Townsend Cromwell, en un accidente de aviación a principios de junio, cuando viajaban para unirse a la expedición oceanográfica "Scot". Hubo, consecuentemente, alguna demora en los estudios de oceanografía física, química y biológica a que estos científicos se dedicaban, mientras no se pudo conseguir quienes los sustituyeran y reorganizar el programa interrumpido por tan trágica pérdida. Una parte considerable del esfuerzo del personal científico se ha dedicado al análisis de los datos que se han venido acumulando y a la preparación de informes técnicos sobre los resultados, para su publicación en nuestra serie de Boletines y en periódicos extranjeros.

Una tarea continua de gran importancia es el control de la distribución y abundancia de los stocks de peces; de la intensidad de la pesca a la que dichos stocks se encuentran sujetos y de la producción obtenida. Todo esto se determina por los datos que arrojan los registros de la pesquería, mediante el empleo de los métodos estándar a que nos hemos referido en informes anteriores. Comparando estos datos con la información similar de los años pasados, es posible estimar las condiciones actuales de las poblaciones de peces con respecto a la condición que corresponde a una pesca máxima sostenible. También estos datos nos permiten observar los cambios en la distribución y en los hábitos del atún, como reacción por los cambios en las condiciones del ambiente. El personal científico también vigila muy de cerca el poder potencial de pesca de las flotas, y las probables tendencias a corto plazo, a fin de estimar la intensidad de la pesca a la que los stocks pueden estar expuestos en un futuro próximo.

Los datos obtenidos en 1958 no dejan ver razón alguna para modificar las conclusiones a que se ha llegado anteriormente, de que las poblaciones del barrilete del Pacífico Oriental se pescan a un nivel de subexplotación, y que las variaciones de un año a otro en su abundancia, a los niveles actuales de explotación, no son consecuencia de la pesquería sino que están, en gran parte, independientes de ésta. Durante 1958, la abundancia aparente y la pesca global de esta especie au-

mentaron notoriamente de acuerdo con algún aumento en el esfuerzo de pesca.

Por lo contrario, el atún aleta amarilla se está explotando a niveles de esfuerzo de pesca lo suficientemente altos como para afectar la abundancia promedio de su población en el Pacífico Oriental. Sin embargo, el nivel corriente del esfuerzo de pesca se mantiene por debajo del que se estima corresponde a la máxima producción media sostenible, y considerando el poder potencial de pesca que tienen las flotas atuneras en el presente, no parece que los stocks de atún aleta amarilla pueden ser superexplotados en un futuro próximo. Durante 1958 se registró un marcado descenso en la abundancia media del atún aleta amarilla encontrado por la flota de clípers y un descenso en la producción global, a pesar de algún aumento en el esfuerzo de pesca, y a pesar de la buena disponibilidad que ha ofrecido esta especie a los barcos rederos, que capturaron una parte mucho mayor de la cosecha global de atún en 1958 que en cualquiera de los años recientes.

La disponibilidad del atún aleta amarilla y del barrilete se vió, sin lugar a dudas, fuertemente afectada en 1958 por las temperaturas anormalmente altas del mar, que se presentaron durante todo el año a lo largo del sector oriental del Océano Pacífico. Coincidiendo con estas altas temperaturas, los atunes tropicales fueron encontrados en abundancia comercial, con marcada dirección hacia los polos, en los extremos norte y sur de su radio habitual, mientras que, al mismo tiempo, el éxito de la pesca en la parte central fué pobre. Como los extremos de la pesquería, especialmente las aguas del sur frente al Perú central, producen preponderantemente el barrilete, los clípers, en consecuencia, concentraron buena parte de su esfuerzo en esta especie.

Además de la recolección y el análisis rutinario de las estadísticas de pesca por los métodos estandarizados, los miembros del personal científico se encargan también del desarrollo de nuevos y mejores sistemas técnicos analíticos, y de la investigación en aspectos adicionales de la pesquería mediante datos estadísticos de la pesca. Durante 1958 se finalizó un estudio de los datos sobre el atún aleta amarilla correspondiente a los años 1951-1956, por medio del cual se pueden determinar los cambios en el grado en que los pescadores concentran sus esfuerzos sobre las más abundantes concentraciones de peces. El efecto de las variaciones en esto, sobre las medidas estándar de la abundancia del atún aleta amarilla fué investigado también. Afortunadamente se demostró que nuestro índice actual de abundancia anual del atún aleta amarilla, parece estar cercanamente relacionado con los valores de un índice mejor terminado que toma en cuenta las variaciones en el "factor de concentración", es decir, el "factor de concentración" anual medio, durante estos seis años por lo menos, fué casi siempre constante.

También se obtienen records de los registros de bitácora de los clípers,

que sirven para que nuestros científicos puedan estimar la producción de cada una de las especies de carnada para el atún. El total de carnada usado en 1958 fué sólo un poco más alto que el del año anterior. Sin embargo, se observó un cambio notorio en la composición de las especies de la pesca. Debido al movimiento en el esfuerzo de pesca hacia los extremos norte y sur de la pesquería, hubo un gran aumento en el empleo de peces-cebo de aguas templadas (anchoas nórdicas y sureñas, sardinas de California y sardinas sureñas) y una merma sustancial en la utilización de la anchoveta tropical.

Como lo hemos indicado en anteriores informes, uno de los problemas más urgentes es el conocimiento de la estructura de las poblaciones y de los movimientos migratorios de las especies de atún, ya que es deseable considerar separadamente cualesquiera subpoblaciones que puedan existir. En consecuencia, una buena parte de los esfuerzos de nuestro personal ha sido dirigido hacia las líneas de investigación que abordan este problema, incluyendo estudios morfométricos, estudios de la composición de tamaños de la pesca proveniente de diferentes áreas ,marcación y recobro de atunes, y una investigación recientemente iniciada sobre serología de la sangre del atún. Algunas de estas líneas de investigación (marcación de atunes y análisis de la composición de tamaños) nos proporcionan también, al mismo tiempo, estimaciones de importantes estadísticas vitales de los stocks de peces, como son la edad, proporción del crecimiento, proporción de la mortalidad y variaciones en el reclutamiento para los stocks de la pesquería.

En 1954 se comenzó un programa de muestreo regular de los desembarques comerciales hechos durante todo el año con procedencia de cada una de las áreas de pesca, para determinar la composición de tamaños. Aún cuando se había hecho previamente algún estudio de los datos resultantes y se había dado a conocer también, no ha sido sino hasta este año cuando, con la terminación de las tabulaciones básicas de los datos, que se hacían tan necesarias (lo que se pudo lograr durante 1957) se ha hecho posible el comienzo de un análisis en gran escala. Con el análisis se ha buscado principalmente la determinación de la estructura por clases anuales, de lo que se deriva las estimaciones de la edad y el crecimiento, y se calcula la relativa abundancia aparente de las clases de edades del atún aleta amarilla en cada una de las áreas de muestreo. Los estudios sobre el barrilete se llevan adelante sobre bases subsidiarias. Por el estudio de la composición de tamaños del atún aleta amarilla procedente de las áreas al norte del Golfo de Tehuantepec, se ha llegado a saber que una clase de edad de un tamaño de cerca de 50 cm., se recluta en cada área a la mitad de cada año. La proporción del crecimiento de cada clase anual puede deducirse al seguir su progresión modal mes por mes. Se ha encontrado que las proporciones del crecimiento son muy similares en cada una de las áreas septentrionales. También, en cada una de estas áreas, se presenta esporádicamente una

segunda clase anual, que entra en la pesquería a un tamaño de cerca de 50 cm. en una diferente estación. Las similitudes entre estas áreas hacen pensar en un origen común. Todavía no se han obtenido resultados claros de un análisis similar hecho en las áreas más hacia el sur (América Central, Galápagos y la zona Perú-Ecuador). Sin embargo, parece que en la América Central, cuando menos, se reclutan dos grupos de tamaños en cada año, casi igualmente abundantes, que entran en la pesquería con un intervalo de unos seis meses. De todos modos, la composición de tamaños en las áreas meridionales parece diferir regularmente, y en forma importante, de la composición de tamaños en las áreas del norte, y esto puede resultar en una clave para determinar la existencia de subpoblaciones separadas.

La medida directa de los movimientos migratorios del atún de tamaños comerciales puede hacerse por medio de la marcación y recobro de ejemplares; esto proporciona una luz sobre las distribuciones de los posibles componentes de la población. Durante 1958, nuestro personal científico ha intensificado sus esfuerzos en la liberación de grandes cantidades de ejemplares marcados en toda la extensión de la pesquería. Además de la marcación mediante los barcos que tienen su base en California y en el Perú, se estableció una estación regional en Manta, Ecuador, en el mes de noviembre, para hacer posible la marcación de atunes a bordo de las embarcaciones que pescan cerca de dicho puerto. En agosto se contrató un pequeño barco de carnada para efectuar en él marcaciones en los bancos frente a Baja California; como resultado se marcaron y liberaron 9,000 ejemplares a una unidad de costo comparable a la que se obtuvo en la marcación a bordo de embarcaciones en jiras de pesca. Desde el comienzo del programa de marcaciones, en diciembre de 1955, han sido devueltos al agua o liberados 44,834 atunes marcados y se han recobrado 1,093 hasta fines de 1958. A pesar de que algunos de los peces marcados de ambas especies han demostrado movimientos de varios cientos de millas, la gran mayoría se ha movido en menos de cien millas, aún después de muchos meses de su liberación. Los atunes tropicales de tamaños comerciales realmente parecen ser menos migratorios de lo que inicialmente se esperaba y de lo que sus capacidades físicas podrían indicar. Ahora comienza a surgir un cuadro de los movimientos migratorios y alguna idea de los posibles límites del stock, gracias a los recobros de atún logrados hasta la fecha. Sin embargo, como la mayor parte de la marcación se ha concentrado en los dos extremos de la extensión de la pesquería, se necesita urgentemente proceder a una marcación intensiva en la parte central, antes de emitir muchas firmas conclusiones.

Ya han sido terminados algunos trabajos que resumen los resultados de los estudios morfométricos efectuados en ambas especies de atún. Como se informó el año anterior, estos estudios han sido suspendidos,

porque no se considera que con ellos se pueda lograr un mayor progreso que tenga alguna significación.

Los recientes trabajos en la serología de la sangre que han hecho científicos japoneses en atunes del Pacífico Occidental y en el Océano Indico, así como estudios similares en otras especies del Pacífico Oriental, són indicativos de que la serología comparativa en los atunes puede ser un medio nuevo y prometedor para investigar la estructura de la población. En consecuencia, se ha comenzado recientemente una investigación sobre este asunto, en cooperación con la Oficina de Pesquerías Comerciales de los Estados Unidos, la que tiene ya establecido un laboratorio para este tipo de trabajo en la Institución Scripps de Oceanografía.

También se efectuaron durante el año varias otras clases de investigaciones dentro de la biología, historia natural y hábitos de los atunes.

El desove de estas especies se estudia al presente mediante dos métodos: examen de los ovarios de las hembras en los desembarques comerciales, y recolección de larvas y juveniles que hacen nuestros científicos a bordo de las embarcaciones. El examen de las gónadas durante 1958 se ha limitado principalmente al muestreo de las áreas que no han sido cubiertas en todas las estaciones en años anteriores. Los resultados han mejorado más aún las estimaciones sobre las épocas y lugares en que ocurre el desove del atún aleta amarilla, y han confirmado mayormente que el desove del barrilete se presenta en forma muy pobre o no tiene lugar en las áreas oceánicas cerca de la tierra firme, pero en cambio los barriletes sexualmente maduros son encontrados en aguas lejanas de la costa, en las vecindades de algunas de las islas mar afuera.

En conexión con el examen de gónadas, se ha iniciado también un estudio sobre la fecundidad de cada una de las especies de atún y sobre la relación entre la fecundidad y el tamaño. Los datos que hasta ahora se han obtenido corresponden al atún aleta amarilla, y dan resultados similares a los que obtuvieron los investigadores de esta especie en Hawai.

Durante 1958 se han hecho y se han identificado otras numerosas recolecciones de atunes en estados larval y juvenil. Especialmente productivos fueron los arrastres con mangas planctónicas en la "Investigación del Desove del Atún", cerca de las Islas Revillagigedo en el verano de 1957, y durante la Expedición "Scot", en aguas tan al sur como las de Panamá en el verano de 1958.

La información sobre las épocas y áreas en que se presentan las larvas y los juveniles del atún aleta amarilla ha llegado a ser lo suficientemente como para proporcionar, cuando menos, un bosquejo de la actividad en el desove en algunas partes del Pacífico Oriental. Es de interés especial la indicación de que los resultados concuerdan en general con los de los exámenes de ovarios.

Durante 1958 se comenzó una recolección regular de estómagos de atún, en las mesas de corte de las plantas enlatadoras, al tiempo en que se opera la descarga de los barcos comerciales. El examen de los estómagos se hizo para obtener información sobre la relativa importancia de las diferentes clases de organismos como alimento para cada una de las especies tropicales de atún y, especialmente, para estudiar cualesquiera variaciones temporales y geográficas. Han sido descubiertas muy marcadas diferencias en la naturaleza de los alimentos primordiales de las dos especies, así como grandes diferencias geográficas, especialmente en cuanto al atún aleta amarilla. Es de particular interés el hecho de que los datos hasta el día parecen confirmar la hipótesis de que el atún aleta amarilla de las vecindades de las islas mar afuera, tales como las Revillagigedo, se mantiene en gran parte de peces bentónicos, lo que no ocurre en otras regiones en que se encuentra la especie.

Se ha continuado la recolección y análisis de los datos obtenidos a bordo de los clípers en el curso de los viajes destinados a la marcación de ejemplares, sobre la composición por especies de las pescas provenientes de cardúmenes individuales, para compararlos con datos similares obtenibles de los resultados de caladas individuales anotadas en los registros de bitácora de los barcos rederos. Parece que el porcentaje de la pesca proveniente de cardúmenes puros (constituídos por una sola especie) es menor en los clípers que en los barcos rederos. También han sido recolectados datos respecto de la composición de tamaños de los cardúmenes individuales, para estudiar el grado de agrupación por tamaños de cada una de las especies tropicales de atún. Estos datos se analizan al presente.

Se han continuado los estudios sobre oceanografía física, química y biológica durante el año, en cooperación con la Institución Scripps de Oceanografía y otras entidades. También se han hecho otros estudios sobre la oceanografía general del Pacífico del Este y de las características particulares de importancia en la ecología del atún.

Con el objeto de obtener abundantes datos sobre el ambiente físico y biológico general de la región entre California y Panamá durante una estación del año no comprendida en expediciones anteriores, se organizó una larga jira, la Expedición "Scot", en el verano de 1958, en un esfuerzo cooperativo con la Institución Scripps de Oceanografía. Miembros de nuestro personal participaron también en un crucero al Golfo de Tehuantepec patrocinado por la Institución Scripps en el otoño.

El análisis de los datos sobre oceanografía física y química, recogidos en el "Island Current Survey" y en la "Investigación sobre el Desove del Atún", ha sido ya terminado, y el análisis de los datos biológicos está muy cerca de su fin. Los datos, de acuerdo con un detenido examen, han revelado ciertos "efectos ocasionados por las islas" que tienden a incrementar la productividad básica en las vecindades de la

Isla Clarion y del Banco Shimada, pero no suficientes, en apariencia, para determinar las grandes cosechas de atún logradas en esos lugares. Parece más razonable atribuir la alta producción de atún en estos lugares a una combinación de la productividad aumentada localmente y algún "corto circuito" en la cadena alimenticia a través de formas bénticas.

Ha sido resumido el análisis isentrópico de los datos obtenidos en las Expediciones "Eastropic" y "Scope", para estudiar las corrientes subsuperficiales, y se hace un intento para extender el análisis en el sentido de incorporar los datos recogidos de otras expediciones en el Pacífico Oriental efectuadas en el lapso de los últimos treinta años. Este trabajo se interrumpió con la muerte de Townsend Cromwell, por lo que el progreso ha sido menor de lo que hubiese sido posible.

Los estudios de los organismos indicadores de la existencia de plancton, especiamente los quetognatos de la Expedición "Eastropic", y el examen del material recogido en algunos otros cruceros, hacen pensar que estos indicadores de los diferentes ambientes oceánicos pueden ser de utilidad para los estudios de la ecología del atún. Sin embargo, los resultados son confusos en alto grado, por la falta de conocimiento de la distribución vertical de estos organismos, una laguna que nos proponemos llenar en un futuro inmediato.

Se continúan los esfuerzos en el sentido de recoger apropiadas series de tiempo de datos oceanográficos que sirvan para llegar al conocimiento de algunas de las variaciones en la pesquería del atún causadas por variaciones ambientales. El intento de lograr datos por medio de termógrafos instalados en barcos atuneros, no ha sido provechoso, por lo que será descontinuado. Por otra parte, las temperaturas registradas por los capitanes de los barcos atuneros en sus registros de bitácora, especialmente cuando se complementan con datos similares provenientes de las anotaciones hechas por los barcos mercantes, parecen constituir un buen record de los cambios de las temperaturas del mar en casi toda el área de interés para la Comisión. Afortunadamente, varias otras entidades y oficinas están interesadas en esos datos, lo que hace posible obtener muy buena cooperación en su recolección y análisis.

Además de los dos instrumentos costeros registradores de temperatura que operan instalados por la Comisión en el norte del Perú, el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas de dicho país se propone establecer una serie de ellos en diversas estaciones costeras y en islas a lo largo de toda la costa peruana.

El Grupo dedicado a la Oceanografía del Atún, perteneciente a la Institución Scripps, ha tomado a su cargo un trabajo intensivo para la preparación e instalación de boyas ancladas fuera de la costa, capaces de registrar una variedad de tipos de datos sobre oceanografía física, que se localizará en áreas importantes para la pesca del atún.

Los estudios sobre los peces de carnada se efectúan tanto en los laboratorios principales como en los regionales establecidos en Costa Rica y Panamá. La investigación se dedica en gran parte a la historia natural y ecología de la anchoveta, *Cetengraulis mysticetus,* la más importante de las especies de carnada; también otras especies reciben atención subsidiaria. Con la terminación de los estudios sobre la edad y crecimiento, la estructura de la población y el desove de las anchovetas en las áreas más importantes en la pesca de carnada, se ha dado recientemente particular atención a los primeros pasos de la historia natural de esta especie, y a los estudios sobre la hidrografía de los Golfos de Nicoya y Panamá, esenciales a la investigación ecológica.

Los huevos planctónicos de la anchoveta han sido identificados definitivamente en todos sus estados gracias a estudios hechos en el Golfo de Panamá, tanto por medio de métodos deductivos indirectos, como por la exitosa fertilización y cría de huevos tomados de adultos maduros, que se ha logrado recientemente. Las larvas han sido fraguadas y criadas hasta las 96 horas (alcanzando alrededor de 3 mm. de longitud). La identificación de larvas planctónicas entre 3 y 20 milímetros, cuando pueden ser reconocidas por algunos caracteres adultos, es labor que no ha podido ser cumplida todavía.

Las estaciones y áreas de desove en el Golfo de Panamá han sido estudiadas con algún detalle. Esta especie desova entre octubre y enero, en aguas muy poco profundas, cada noche entre la 1:30 y las 4:30 horas, principalmente en la región entre el Canal de Panamá y Punta de Brujos.

Después del fracaso de los experimentos de marcación en el Golfo de Panamá, en años anteriores, se experimentó durante 1958 con anchovetas mantenidas en viveros, para tratar de descubrir la falta de recobros de ejemplares marcados y para el desarrollo de una marca o señal conveniente, de ser posible. Se emplearon diversos tipos de señales, además de las marcas de cazonete usadas en los anteriores experimentos en las zonas convenientes. La mortalidad inicial y el desprendimiento de marcas fueron grandes en las pruebas con todos los tipos. Es necesario continuar estos experimentos y desarrollar una marca mejor para lograr pruebas que puedan considerarse valiosas.

En un esfuerzo para determinar si se opera una mezcla entre las anchovetas del Golfo de Panamá y las de las áreas a lo largo de la costa colombiana, se hizo un intento para investigar la distribución de los cardúmenes pelágicos de anchovetas juveniles de mar afuera, durante el principio de la primavera, pero este intento tuvo muy pobres resultados. También se hacen en Colombia recolecciones de juveniles y de adultos para la comparación biológica con ejemplares de Panamá.

Se continuaron las observaciones para obtener series de tiempo de varias propiedades físicas, químicas y biológicas en una estación fija,

instalada en el Golfo de Panamá, de conformidad con métodos a que nos hemos referido previamente. Estas series, que fueron comenzadas en noviembre de 1954, serán suspendidas después de la época del afloramiento de 1959, y los datos acumulados serán analizados en su totalidad antes de proceder a nuevas observaciones. Desde luego, seguiremos contando con ciertos datos meteorológicos e hidrográficos que rutinariamente recoge la Compañía del Canal de Panamá, cuya cooperación se nos brinda siempre.

El personal del laboratorio de Puntarenas continúa con las observaciones sobre la pequeña población de anchovetas del Golfo de Nicoya, con la recolección de datos sobre la historia natural del arenque (gallera), y con las observaciones hidrográficas en las estaciones establecidas en el Golfo. A partir de noviembre de 1958, ha hecho también recolecciones mensuales de larvas de atún en el área marina frente a Cabo Blanco, que se considera como un área importante para el desove del atún, especialmente durante el invierno y el principio de la primavera.

La pequeña población de anchovetas del Golfo de Nicoya sobrevive y se reproduce, pero no da muestras de ningún rápido crecimiento hacia niveles de importancia comercial.

El arenque, popularmente llamado gallera, que es una especie apropiada para la pesca del atún y que ha sido empleado en limitadas cantidades por barcos atuneros locales, se encuentra en abundancia considerable en el Golfo de Nicoya. Por eso hemos recogido, durante los últimos dos años, material para el estudio de importantes aspectos de la historia natural de esta especie en dicho Golfo.

Los datos acumulados sobre la oceanografía del Golfo de Nicoya han sido analizados y serán publicados en un futuro próximo. Al contrario de lo que ocurre en el Golfo de Panamá, que está dominado por los fenómenos estacionales del afloramiento, éstos son de muy poca o de ninguna importancia en el Golfo de Nicoya. Este Golfo es esencialmente un estuario, en que la dinámica está controlada principalmente por las variaciones de la salinidad, asociadas con las entradas de agua dulce en la parte superior del Golfo, y en donde las principales variaciones estacionales están en conjunción con las variaciones en la precipitación y la consecuente entrada de aguas al Golfo.

Un informe detallado sobre la investigación efectuada durante 1958, que presenta el Director de Investigaciones, aparacere agregado al presente informe como Apéndice A.

Publicación de los resultados de las investigaciones

Una fase importante del trabajo científico de la Comisión es la publicación de los resultados de sus investigaciones. Así como al pro-

greso de varias líneas de estudio, una parte creciente del tiempo de nuestro personal debe ser dedicado al análisis de los datos recogidos y a la publicación de los informes sobre sus resultados.

La Comisión en su serie de Boletines publica los estudios realizados por miembros de su personal y por los científicos que cooperan con ella. Durante 1958 fueron impresos cinco trabajos más y a varios otros se les dió terminación para imprimirlos en los primeros meses del siguiente año. Los trabajos editados y distribuídos fueron los siguientes:

Volument II, Boletin 8—"El intestino como caracter diagnóstico para la identificación de ciertos clupeoides *(Engraulididae, Clupeidae, Dussumieriidae)* y como caracter morfométrico para la comparación de las poblaciones de anchovetas *(Cetengraulis mysticetus)* por Wilhelm Harder (Inglés y español).

Volumen II, Boletín 9—"Estudio de la edad, el crecimiento, la madurez sexual y el desove de la anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)* en el Golfo de Panamá" por Gerald V. Howard y Antonio Landa (Inglés y español).

Volumen III, Boletín No. 1—"Comparación biométrica en anchovetas, *Cetengraulis mysticetus* (Günther), de diez localidades del Océano Pacífico Oriental Tropical" por Julio Berdegué (Inglés y español).

Volumen III, Boletín No. 2—"Algunos aspectos del afloramiento en el Golfo de Panamá" por Milner B. Schaefer, Yvonne M. M. Bishop y Gerald V. Howard (Inglés y español).

Volumen III, Boletín No. 3—"Topografía de la termoclina, corrientes horizontales y 'ondulación' en el Pacífico Oriental Tropical" por Townsend Cromwell (Inglés y español).

Además de estos *Boletines* fueron publicados durante el año ocho trabajos de miembros de nuestro personal científico, en otras revistas. (Ver el Informe del Director de Investigaciones, página 120).

Comités de la Academia Nacional de Ciencias—Consejo Nacional de Investigaciones

Durante el año, continuó el Dr. Schaefer en el servicio de dos Comités de la Academia Nacional de Ciencias—Consejo Nacional de investigaciones de los Estados Unidos.

Se publicó y distribuyó durante dicho lapso un informe del Comité sobre Efectos Biológicos de la Radiación Atómica en la Oceanografía y las Pesquerías, bajo la presidencia del Doctor Roger Revelle. Este Comité ha preparado durante el año, para el Comité de Oceanografía, estimaciones detalladas de los fondos que se necesita obtener de los Estados Unidos para la investigación en este campo. A solicitud de la A.E.C.,

también ha iniciado estudios encaminados a emitir recomendaciones sobre la disposición de los residuos de bajo nivel atómico, frente a las costas oriental y occidental de los Estados Unidos, y estudios tendientes a lograr prácticas recomendables para la disposición de los residuos de bajo nivel resultantes de barcos de propulsión nuclear.

El Comité de Oceanografía se ha reunido varias veces durante 1958. Este Comité está encargado de la preparación de un informe sobre el avance de las ciencias marinas en los Estados Unidos, y de emitir recomendaciones para la investigación y desarrollo del trabajo en este campo durante la próxima década. Se espera que el informe esté concluído a principios de 1959.

Conferencia Internacional sobre Régimen Jurídico del Mar

En Ginebra, Suiza, bajo los auspicios de las Naciones Unidas, se efectuó una Conferencia Internacional sobre el Régimen Jurídico del Mar, entre el 24 de febrero y el 27 de abril de 1958. En esta conferencia, a la que asistieron plenipotenciarios de 86 naciones, se prepararon y dejaron listas para su firma cuatro Convenciones, a saber: (1) Convención sobre Mar Territorial y Zona Contigua; (2) Convención sobre Alta Mar; (3) Convención sobre Pesca y Conservación de los Recursos Vivos de Alta Mar; y (4) Convención sobre Plataforma Continental. La Conferencia también adoptó un Protocolo Opcional para la Firma, que comprende el Arreglo Compulsorio de las Disputas.

El Doctor Schaefer, por invitación de la Secretaría General de las Naciones Unidas, y con la autorización de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, prestó sus servicios al Secretariado de la Conferencia como experto en pesquerías y en asuntos relacionados con éstas.

Cambios en las Delegaciones

En enero de 1958, la República de Panamá designó como sus Delegados en la Comisión a los Señores Richard Eisenmann, Gabriel Galindo y Juan L. Obarrio, en reemplazo de los Señores Miguel A. Corro, Domingo Díaz y Walter Myers.

El señor Gordon W. Sloan, habiendo sido nombrado Juez de la Corte Suprema del Estado de Oregón, renunció como miembro de la Sección de los Estados Unidos en febrero de 1958. El Señor Robert L. Jones de Oregón fué designado para integrar la Sección de los Estados Unidos en julio de 1958.

El Coronel Don Fernando Flores fué nombrado para completar los cuatro miembros de la Sección de Costa Rica de la Comisión, en octubre de 1958.

Reunión anual

La Comisión efectuó su reunión ordinaria anual en la Ciudad de Panamá, República de Panamá, el 11 de febrero de 1958. Se tomaron las siguientes disposiciones:

1) Fué aprobado para su publicación el Informe Anual correspondiente a 1957.

2) Se informó sobre el progreso de la investigación y se discutió y aprobó el programa de investigaciones para el año fiscal 1958-1959.

3) Se discutió el programa de investigaciones y los gastos para el año fiscal 1959-1960, recomendándose a los Gobiernos Miembros un presupuesto de $388,345 para dicho año.

4) Se acordó, sobre la base de las estadísticas referentes a la utilización de atún aleta amarilla y barrilete en los respectivos países miembros, que los gastos conjuntos de la Comisión durante el año fiscal 1959-1960 se dividieran en la siguiente proporción: los Estados Unidos de América contribuirán con el 99.8%; Costa Rica con el 0.2%; y Panamá con $500, que es la contribución mínima.

5) Se autorizó al Dr. M. B. Schaefer para que aceptara la invitación de las Naciones Unidas y asistiera a la Conferencia Internacional sobre el Régimen Jurídico del Mar, como experto para asesorar al Secretariado; también se le autorizó para actuar como Observador en dicha Conferencia, en representación de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. Se extendió asimismo una autorización abierta para que cualquiera de los Delegados que forman la Comisión pudiera asistir como observador por parte de la misma, siempre que los gastos que implique tal asistencia no sean sufragados de los fondos de dicho organismo.

6) Se eligió al Señor Juan L. Obarrio, de Panamá, Presidente de la Comisión para el próximo año, y Secretario al Señor Licenciado José L. Cardona-Cooper.

7) Se acordó efectuar la próxima reunión anual en San Pedro, California, a partir del primer jueves de febrero de 1959.

La intensidad de la pesca en los stocks de atún y de peces de carnada para la captura de éste, señaló algún aumento en 1958, debido a que las flotas pesqueras operaron a plena capacidad durante todo el año, y en cambio había habido alguna restricción económica durante 1957. El tamaño que al presente tiene la flota atunera no es, sin embargo, suficientemente grande como para someter a las especies, cuyo estudio nos interesa, a una pesca excesiva. De allí que no se haya visto por el momento la necesidad de hacer recomendaciones de tipo conservacionista. Sin embargo,

como continúan creciendo los mercados para el atún, puede esperarse que el esfuerzo de pesca en el Pacífico Oriental vuelva otra vez a readquirir una tendencia hacia arriba dentro de los próximos años. Un aumento moderado en la intensidad de la pesca resultará en la necesidad de dictar medidas de conservación para mantener la producción de atún aleta amarilla al nivel de su máximo promedio sostenible.

COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL

Juan L. Obarrio, Presidente
Richard Eisenmann
Gabriel Galindo
Eugene D. Bennett
Lee F. Payne
Arnie J. Suomela
Robert L. Jones
Virgilio Aguiluz
Fernando Flores
Victor Nigro
José L. Cardona-Cooper, Secretario

APPENDIX A

REPORT ON THE INVESTIGATIONS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION FOR THE YEAR 1958

by

Milner B. Schaefer, Director of Investigations

The scientific investigations to fulfill the purpose of the Convention, now in their eighth year, are conducted by a permanent international scientific staff with headquarters at the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California. Additional laboratories are maintained at San Pedro, California; Puntarenas, Costa Rica; and at the University of Panama, Panama City, R.P. A temporary field station has been operated at Mancora, Peru in 1956 and 1957 and at Paita, Peru in 1958. A second field station at Manta, Ecuador was established in November 1958. Research at these laboratories and field stations is carried on in close cooperation with other governmental, international, and university research groups interested in the oceanography and marine resources of the Eastern Pacific Ocean. The Commission's research program encompasses a number of lines of investigation into the population structure, biology, ecology, life history, and population dynamics of the yellowfin tuna *(Neothunnus macropterus)* and the skipjack *(Katsuwonus pelamis)* and of the bait fish species employed to capture them, with particular reference to determining the effects of fishing on the stocks and the amount of fishing effort corresponding to maximum sustainable harvests from them. During 1958 it has been possible to carry forward adequately all of the kinds of study required to provide the Commission with the factual basis for discharging its duties under the Convention.

Investigations during 1958 have included the following activities:

1. Compilation of current statistics of total catch, amount and success of fishing, and abundance of the fish populations

The Commission's staff maintains on a continuing, routine basis a system of collection, tabulation, and analysis of records of total catch of each tropical tuna species from the Eastern Pacific Ocean, and of logbook data and related information from a very large sample of the fishing fleets to measure amount of fishing effort and resulting catches, both of tunas, and bait fishes, by species, geographical area, and seasons of each year. This system of collection and analysis of catch statistics is a vital, central part of our work, because it is from these data that we obtain measurements of the apparent abundance of the fish stocks supporting the fishery, the amount of the harvests, their geographical and temporal distributions, and the fishing effort required to make them. Such measure-

ments are basic for studying the population dynamics of the fish stocks, and for keeping the Commission and the member governments informed regarding their current status in relation to that corresponding to maximum sustainable yield.

Statistics of total catch of tunas

Methods of collection of statistics of total tuna catch have been described in previous reports. The resulting figures of total production of each tuna species are essentially complete, although there are omitted small quantities consumed in other countries than the United States for which data are not always available. For example, for the year 1957 we have not yet been able to obtain statistics on the catches of one Japanese vessel known to have fished off Chile and Peru in that year. These omissions are believed to be negligibly small, however, and may sometimes subsequently be corrected as data later become available.

In Table 1 are shown, for the years since 1940, the total landings of each tropical tuna species from waters of the Eastern Pacific, and the amounts of these that were landed in or transshipped frozen to the United States. Since in recent years over 95 per cent of the total catch has been canned in the United States, these latter figures are a good index to the total production.

It may be seen from this Table that during 1958 the harvest of yellowfin was somewhat less than the previous year, while the landings of skipjack show a substantial increase over 1957. This was associated with an increase of fishing effort, despite a decrease in the size of the fishing fleet, due to lack of any economic curtailment of fishing during the year. The resulting decrease in apparent abundance of yellowfin and increase in apparent abundance of skipjack is apparently due to, in part at least, a shift in the geographical distribution of fishing effort toward the extremes of the range of the fishery during a year of abnormal oceanic conditions throughout the entire Eastern Pacific Ocean. Sea temperatures in the entire Eastern Pacific were well above normal during all of 1958, in consequence of which the tropical tunas were taken in commercial quantities further away from the equator than usual, and were encountered in lesser abundance in the central region. Tabulations of the origin of the catch and the distribution of fishing effort for the clipper and purse-seine fleets are not yet completed, but it is known that fishing for yellowfin tuna in the areas off southern Mexico and Central America was poor. The paucity of fish in this region, together with excellent catches of skipjack tunas at both ends of the fishery range resulted in the concentration of the baitboat effort in these latter areas during much of the year.

Associated with changes in availability of yellowfin to the clipper fleet were large concentrations of this species encountered by the purse-seine fleet fishing in the Gulf of California. In contrast, purse-seine fish-

TABLE I. CATCH OF YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA FROM THE EASTERN PACIFIC OCEAN, 1940-1958

in millions of pounds.

	Landed in or transshipped frozen to United States*				Total Catch, Eastern Pacific				
Year	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	Yellowfin	Skipjack	Not identified by species	Total	% Yellowfin
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	....	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	....	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	....	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	....	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	(1)				47

* Including Puerto Rico

(1) Not yet complete

ing at the Revilla Gigedo Islands, normally a productive area, was poor during 1958.

The baitboat fleet caught a substantial tonnage of tuna, mainly skipjack, between Cedros Island and the California-Mexican border during the late summer and early fall months. In the far south, and undoubtedly associated with a strong "El Niño" condition off the coast of Peru, the large bait vessels had excellent fishing for skipjack off central and southern Peru. Both of these areas are beyond the north and south limits of the fishery in an average year.

TABLE 2. PERCENTAGE, BY SPECIES, OF LANDINGS OF CALIFORNIA BASED VESSELS THAT WAS CAUGHT BY CLIPPERS

Year	Yellowfin	Skipjack
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5

As may be seen from Table 2, the greater share of the catch of both species was again taken by the clipper fleet, which landed 66 per cent of the yellowfin tuna and 92 per cent of the skipjack captured by California-based vessels. It may be seen that the share of the yellowfin which was captured by purse-seiners was by far the highest on record for recent years.

Measurement of changes in tuna abundance

We routinely maintain a logbook system for obtaining catch statistics and related information on the operation of the tuna fleets. During 1958 these fleets consisted of 159 active clippers and 44 active purse-seine vessels operating from U.S. ports (including Puerto Rico). Logbook records are also obtained from a number of vessels which operate from Mexican and Peruvian ports.

The greater share of the catch is made by the clippers, which fish at all times of the year and cover the entire range of the fishery from Baja California to Peru. The apparent abundance of each species of tuna is measured by the catch-per-day's-fishing encountered, on the average, by a large sample of this clipper fleet. This measurement may not always be proportional to the true abundance of the tunas because of short-term

variations in the availability of the fish to capture, but such variations average out over a series of years and make trends in apparent abundance useful in estimating true abundance.

The average catch-per-day's-fishing, for yellowfin and skipjack tunas, is computed for each of six size-classes of clippers. These values are combined and expressed in terms of a standard, size-class 4 (201-300 tons capacity), by the use of relative efficiency factors for each size-class, and a single estimate of apparent abundance is thus obtained. The estimates, for each species, for the years 1951 through 1958 are shown in Figure 1.

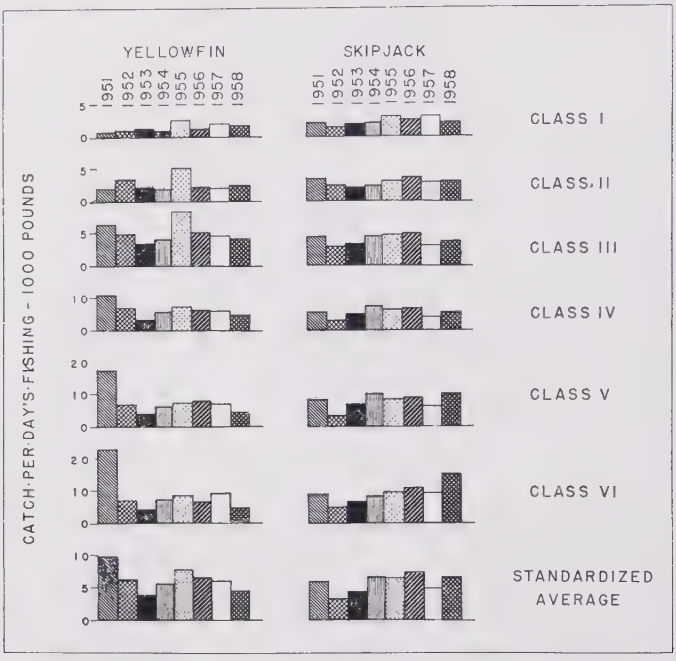

FIGURE 1. Catch-per-day's-fishing, by species and vessel size-class, for clippers, 1951-1958.

From this Figure it may be seen that for yellowfin tuna the apparent abundance encountered by the three smallest size-classes, which primarily fish only in the northern part of the range of the fishery, was not greatly different from the previous year. However, a sharp decline in apparent abundance, to the lowest level since 1953, is shown for the three largest size-classes. This is believed to be due to decreased availability of tunas in the waters from southern Mexico to Peru where the larger vessels fish. At the southern extreme of the fishery, off Peru, was encountered a high abundance of skipjack, and low abundance of yellowfin. In consequence of these changes in availability, the apparent abundance of yellowfin tuna shows a marked negative deviation from the long-term average for the present level of fishing effort.

The apparent abundance of skipjack during 1958 was well above the values for 1957 for all size-classes except class 1, and the standardized

average for 1958 was well above the long-term mean value. The unusually high oceanic water temperatures throughout the Eastern Tropical Pacific during 1958 were coincident with the concentration of the skipjack schools at the northern and southern extremities of the fishing region.

1958 bait statistics

The major share of the catches of yellowfin and skipjack tunas in the Eastern Pacific is taken by vessels which use live bait. Accurate records of the amounts of each kind of bait fish taken, and the locality of capture, were obtained for approximately 95 per cent of all trips made during 1958 by vessels based in the United States, including Puerto Rico.

The amount of bait captured on the few trips for which we do not obtain records is estimated by assuming that the ratio of the amount of each kind of bait to the quantity of tuna caught on such trips is the same as for vessels from which we obtain complete records.

The estimated quantities of each kind of bait captured in 1958 are given in Table 3, with similar data for the years 1953-1957. In Figure 2 the bait catch, by species, is shown graphically for each year since 1946. The common name Galapagos sardine, used in previous annual reports, has been changed to southern sardine, because this species *(Sardinops sagax)*, usually important as bait in the Galapagos Islands, was also taken in appreciable quantities during 1958 along the coast of Peru. While these statistics do not include bait taken by vessels based in Latin America, nor by a few small California-based vessels which fish seasonally, they do represent nearly all of the bait captured for use in the tropical tuna fishery.

Somewhat more bait was captured in 1958 than in 1957, largely as a result of the slightly increased fishing effort in 1958. The catch in 1958 was 4,447,000 scoops compared with 3,707,000 in 1957. During the year, a large part of the baitboat fishing effort was concentrated at the two extremes of the range of the fishery, in the north off Baja California and Southern California, and in the south off Ecuador and Peru. This concentration resulted in appreciable increases in the use of the bait species of more temperate waters. In 1958 the northern anchovy, southern anchovy, California sardine, and southern sardine comprised 60.8 per cent of the total bait catch, compared to only 35.5 per cent in 1957. The increased use of the more temperate species was accompanied by a decrease in the utilization of the tropical anchoveta, the single most important bait species, both numerically and percentage-wise. In 1958 the anchoveta catch amounted to only 34.0 per cent of the catch compared with 55.8 in 1957.

Only 14,600 scoops of southern sardine were captured in the Galapagos Islands in 1958. This is the smallest amount captured since 1946. The decline was primarily due to the decrease in fishing effort near these

TABLE 3. ESTIMATED AMOUNTS* AND PERCENTAGES OF KINDS OF BAITFISHES TAKEN FROM 1953 TO 1958 BY CLIPPERS**.

	1953		1954		1955		1956		1957		1958	
	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent	Amount	Per-cent
Anchoveta *(Cetengraulis mysticetus)*	1618	37.2	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0
California sardine *(Sardinops caerulea)*	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5
Southern sardine *(Sardinops sagax)*[1]	1145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2
Northern anchovy *(Engraulis mordax)*	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5
Southern anchovy *(Engraulis ringens)*	36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3
California sardine and Northern anchovy Mixed and not separately identified	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3
Herring *(Opisthonema, Harengula)*	88	2.0	49	1.2	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3
Salima *(Xenocys jessiae)*	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4
Miscellaneous and unidentified	36	0.3	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5
Totals	4349		3927		2568		3653		3707		4447	

*In thousands of scoops

**Vessels based in U.S. West Coast ports for years 1953-1955, and for 1956-1958, includes vessels fishing from Puerto Rico.

[1] Referred to in previous annual reports as Galapagos sardine.

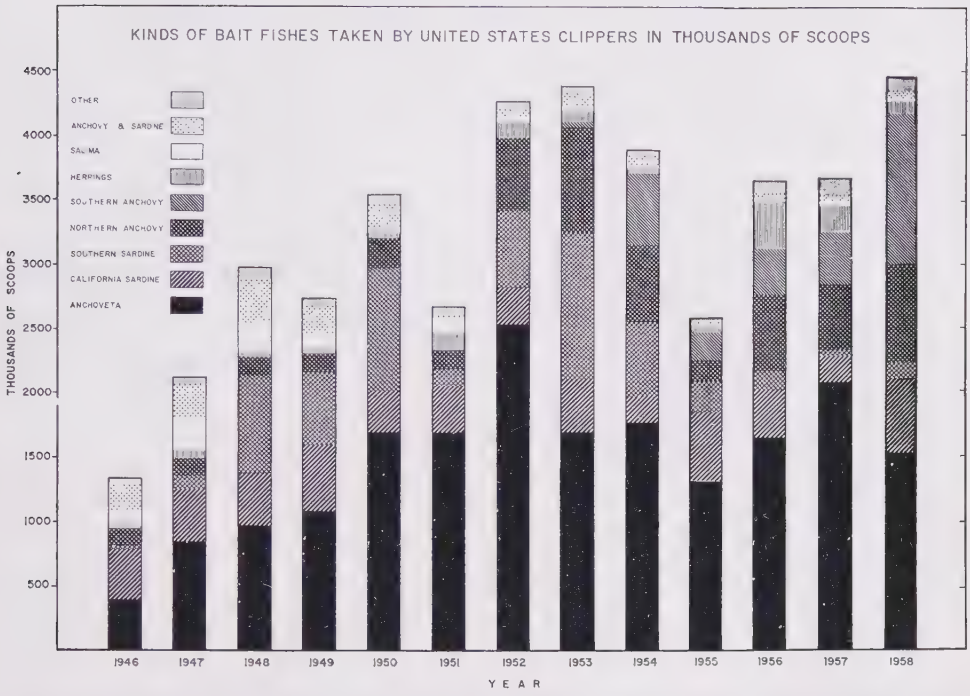

FIGURE 2. Estimated total catch of bait fishes by kinds, by United States tuna vessels, 1946-1958.

islands. For the first time in the history of the fishery appreciable amounts of southern sardine were captured off Peru (118,700 scoops). In previous years the very small quantities captured were included in the miscellaneous category.

2. Present status of the tuna populations

Research based on historical series of annual data on fishing effort, apparent abundance, and total harvest enables us to determine the effect of fishing on each tuna species, and to estimate the relationship of the present level of fishing effort to that corresponding to maximum average sustainable yield. The methods employed in this research have been described in detail in previous annual reports and in technical monographs in our *Bulletin* series. Compilation of comparative data on a continuing basis enables us to monitor the fishery currently.

In Figure 3, we show for skipjack the historical series of indices of effort, abundance, and total catch through 1957. It is to be seen that in 1957 there was a marked decline in average abundance of this species, to below the long-term average. Although data are not yet complete for 1958, it is apparent from data at hand that there will be a marked increase in both abundance and total catch, with some increase in fishing intensity. It is evident that, although there are fairly large fluctuations in abundance of this species from year to year, these are not observably correlated with

changes in the amount of fishing effort, and that, therefore, any effects of fishing on the abundance of this species, at levels of fishing effort so far attained, are so small that we cannot detect them. It follows that this species is capable of supporting a much larger average annual catch than is being taken.

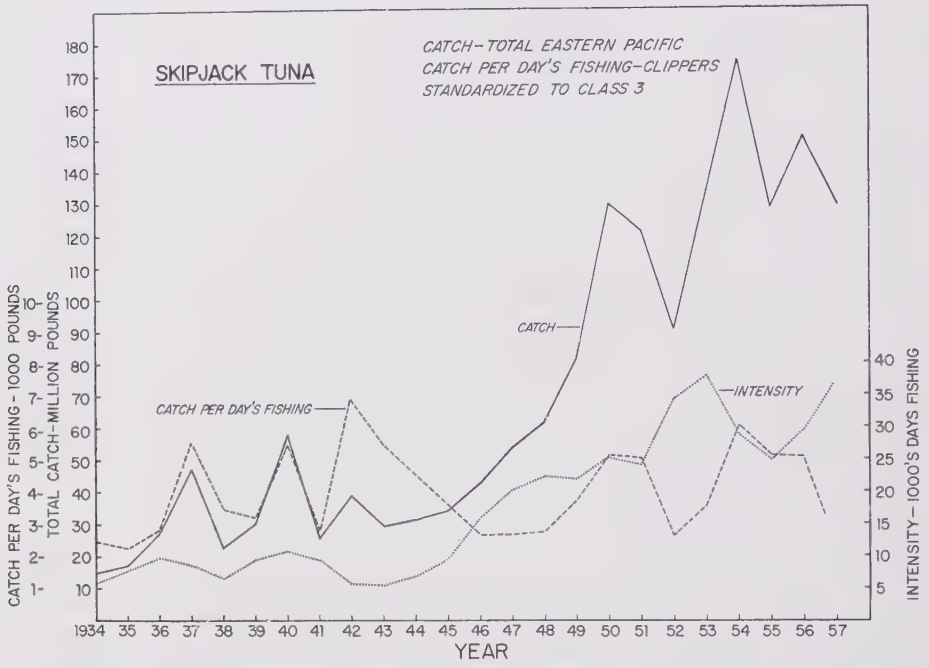
SKIPJACK TUNA
CATCH–TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING–CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY - 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57

FIGURE 3. Total catch, standardized catch-per-day's-fishing, and calculated relative fishing intensity, for skipjack tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1957.

Similar data for yellowfin tuna are presented in Figure 4, for years through 1957, but in a somewhat different form. In this graph fishing effort is shown on the horizontal axis, abundance on the vertical axis, and total catch, which is the product of these two variables, is indicated by the equilateral hyperbolae. The observed values for years 1934 through 1957 are the points connected by the solid line. The broken line labelled "line of equilibrium" represents the average relationship estimated to exist among fishing effort, abundance, and yield when the rate of catching is in equilibrium with the rate of natural replacement of the population; it indicates our estimate of the long-term average abundance and catch corresponding to different values of fishing intensity. From this Figure, it may be seen that fishing intensity, abundance, and total catch all declined slightly from 1956 to 1957. For 1958, although all data are not yet complete, it appears that there is some increase in fishing effort (to well above the 1956 value), a further decline in abundance, and a slight decrease in total catch. The point will certainly fall well below the expected value, due to, as noted above, in our opinion, low availability of

this species in consequence of abnormal oceanographic conditions. The situation in this regard is not dissimilar to the previous notable "El Niño" year of 1953. The current intensity of fishing remains below the value of 35,000 standard days which has been estimated *(Bulletin, Vol. II, No. 6)* to be near the level corresponding to maximum sustainable catch.

As pointed out in earlier annual reports, it is desirable to study the relationships of fishing effort, abundance, and catch not only for the aggregate of all members of each tuna species in the Eastern Pacific, but also separately for such individual sub-populations as may exist. Despite very intensive work on the problems of population structure and migrations we have, as yet, been unable clearly to identify sub-populations of either tuna species within the Eastern Pacific and have, therefore, been unable to proceed to this more refined analysis of the catch statistics.

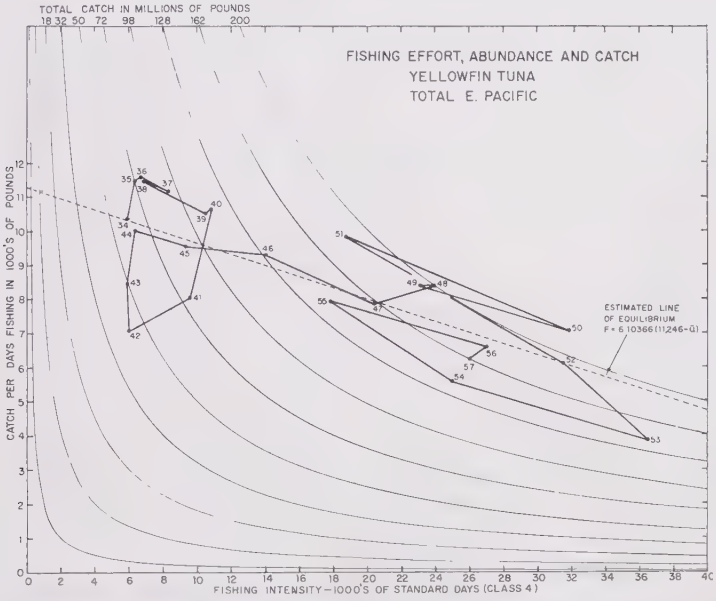
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRIUM
F = 6.10366(11246-Q)
FISHING INTENSITY—1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4)

FIGURE 4. Relationships among fishing intensity, abundance, and total catch for yellowfin tuna in the Eastern Pacific Ocean, 1934-1957.

3. Potential fishing power of the tuna fleets

We have, for each year since 1932, estimated the annual potential fishing power of the fleets of clippers and purse-seiners operating from the United States ports, including Puerto Rico. This index, expressed in class 4 clipper equivalents, is obtained by multiplying the number of active vessels in each size class by their corresponding efficiency factors and adding these values together to obtain the standard number of vessels in each fleet (clippers and seiners). The number of standard purse-seine vessels is then converted to standard clipper equivalents by an effectiveness ratio (relative catching efficiency x relative operating rate) and

added to the number of standard bait vessels to obtain the potential fishing owner index for the year.

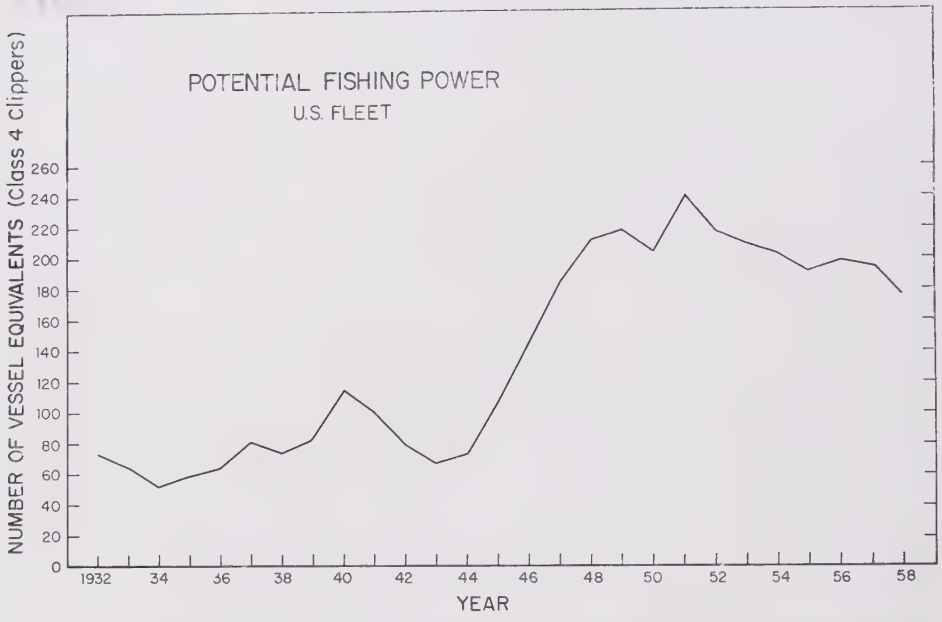

FIGURE 5. Potential fishing power of tuna fishing vessels based in U. S. ports (including Puerto Rico).

During 1958 this index of potential fishing power declined to 174, and, as can be seen in Figure 5, this is the lowest value in the past 12 years. Vessels continue to be lost from the fleet through sinking or through inactivation of older vessels, and, at the current replacement rate of two or three vessels per year, it is unlikely that the fishing effort can reach, in the near future, a level corresponding to the maximum equilibrium catch from the aggregate of yellowfin tuna stocks in the Eastern Pacific.

The catch-per-day's-fishing for purse-seine vessels during the past three years suggests that they may be undergoing an increase in overall efficiency in catching tunas. During the coming year at least three class 4 seiners and one class 5 seiner (all baitboat conversions) are expected to enter the fishery. It may be necessary to re-evaluate the weight of seiner potential effort in our combined index of fleet fishing power.

4. Other studies of tuna catch statistics

We also compile and chart routinely the effort, total catch, and resulting catch-per-unit-of-effort by one-degree squares by quarters of the year from the data in both clipper and seiner logbooks. These tabulations and charts provide a continuing picture of the changes in distribution of the tunas and of the effort of the tuna fishermen, which is fundamental

for understanding the changes in the fishery due to such changes in the oceanic environment as occurred in 1953 and in 1957-58. These tabulations of catch-statistical data by small time and area strata are also of basic importance for several of the lines of research on tuna biology and ecology, outlined later in this report.

We have made a detailed study of the logbook data for yellowfin tuna for the years 1951 through 1956 to compare the catch-per-unit-of-effort per unit area of sea surface, weighted by area, with the index of abundance ordinarily employed which is not so weighted. The unweighted index of abundance, or density, is simply the total catch during a time period (a quarter or a year) divided by total effort. The weighted index of abundance, or density, is based on the computation of the catch-per-unit-of-effort for each exploited one-degree square during a time period of one quarter year; these values are then averaged over all squares for the quarter to estimate the mean abundance of tuna in that quarter, and the four quarterly values are averaged to estimate the mean abundance for the year.

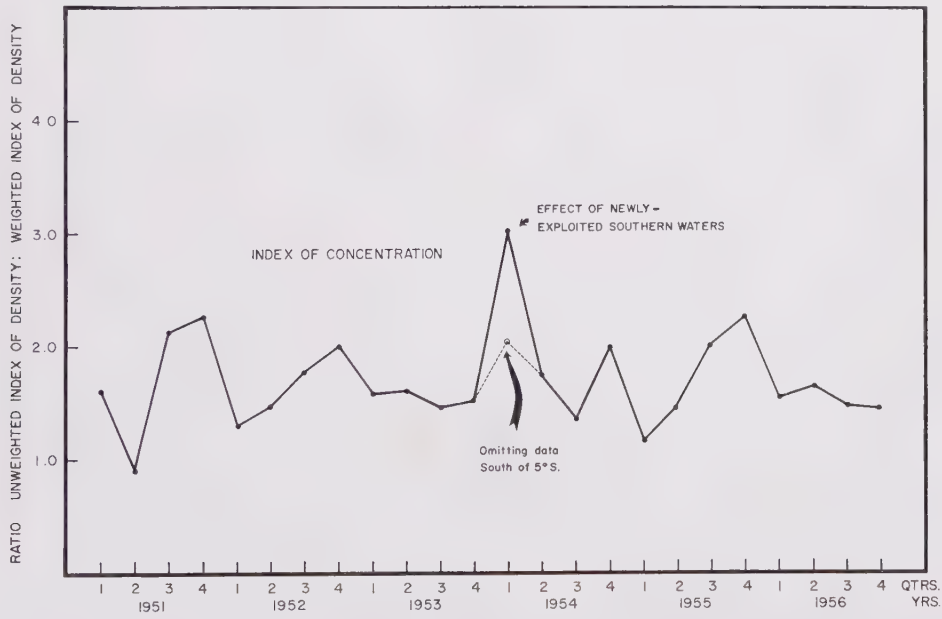

FIGURE 6. Quarterly values of the index of concentration for the years 1951-1956. (The open circle for 1954, first quarter, indicates the value of the index when waters south of 5° S, newly exploited at that time, are omitted).

The ratio of the unweighted abundance index to the weighted abundance index provides a relative measurement of the degree to which the fishermen successfully operate on the most abundant aggregations of tuna. This "concentration index", as may be seen from Figure 6, varies somewhat from quarter to quarter, but except in a few instances does not de-

part widely from the mean value of 1.7. The variations in this concentration index provide a measure of one element of "availability".

When the weighted index of yellowfin tuna abundance for the entire year is computed (by averaging the four quarterly values) it is seen to bear a remarkable correspondence to the annual unweighted index, at least during the six years studied. It may be seen from Figure 7 that, when one index is plotted against the other, the points fall very close to the regression line y = 1.67 X, the coefficient of correlation being 0.98.

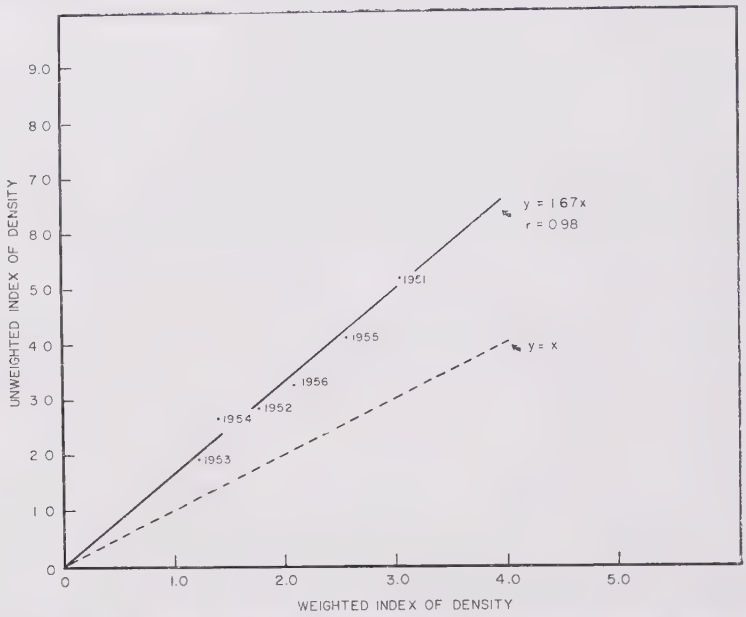

FIGURE 7. Plot of the unweighted against the weighted index of abundance (density) by years, 1951-1956.

(On the graph there is also shown for comparison the line y = x, along which the points would be expected to fall if the fishermen fished at random). It appears from this analysis that, at least so far as average annual values are concerned, the unweighted annual index of abundance, which we have routinely employed (e.g. in Figure 4), is as satisfactory as the weighted index, which is much more complex to compute.

A *Bulletin* discussing these indices and their derivation in detail will be published in the near future. A similar study has also been commenced for skipjack.

5. Research on tuna population structure, migrations, and vital statistics

The basic biological unit, from the viewpoint of fishery dynamics, of each tuna species is the sub-population, a homogeneous group of fish which breed and mix freely among themselves, but which mingle to only a limited extent, or not at all, with members of other sub-populations. It is very important, therefore, both as a basis of refined analysis of the

effects of fishing on the stocks, and as a basis of designing efficient management measures, to determine the population structure of the tuna species, and the geographical boundaries of major sub-population groups. At the same time, we require to estimate the vital statistics of the tuna populations (i.e. rates of growth, rates of mortality, and rates of recruitment by reproduction) for various kinds of analyses of their population dynamics.

Several lines of research bear directly on these problems, including morphometric studies, tagging, analysis of size composition of the commercial landings, and genetic studies.

Size composition of the commercial catch

Staff members have continued to collect length frequency samples from the landings of both species at San Diego, San Pedro and ports in northern Peru. This program was begun in 1954 to provide monthly estimates of size composition of catch by geographical sub-areas *(see Bulletin, Vol. II, No. 5)*.

In addition to current sampling, we have also started to investigate the possibility of utilizing cannery cooker reports to provide data on size composition of catch for years previous to 1954. These records list for each vessel, by certain broad size categories, the number of fish processed. A survey indicates that records extending back to 1948 are available. Collection and tabulation have begun, but the utility of the data depends upon the efficiency with which they can be resolved into more specific

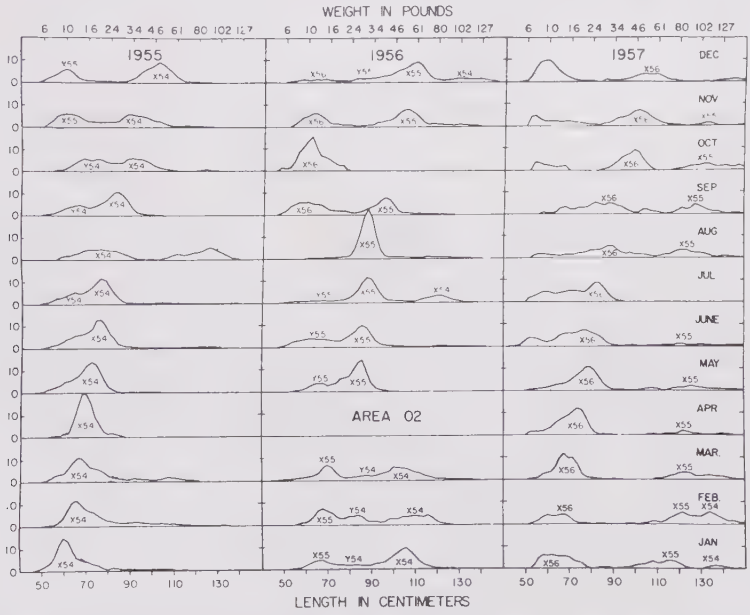

FIGURE 8. Size composition of yellowfin tuna landed from Area 02 (Revilla Gigedo Islands) during 1955-1957, indicating the growth of age-classes, and the occurrence of two age-classes in some years.

size-classes. A study of this has been started, but results are not yet available.

We have just this year, with the completion of the necessary basic tabulations of the 1957 samples, accumulated an amount of "market measurement" data deemed sufficient to begin full scale analysis. Efforts have been primarily directed toward determining age-class structure, deriving estimates of age and growth, and calculating relative apparent abundance of age classes of commercial sized yellowfin tuna. Skipjack studies are proceeding on a secondary basis. Analysis is proceeding independently for each sampling area, and comparison of size composition among areas provides some insight into population structure.

On the assumption that the size groups apparent in the length-frequency graphs represent age groups, we have, in most cases, been able to identify and follow particular age classes through the fishery. This procedure is illustrated (Figure 8) for Area 02 (Revilla Gigedo Islands) for the years 1955-57. Modes have been identified according to their year of entry into the fishery. It may be seen from this Figure that an age class (X) regularly enters the fishery in this area, at a size near 50 cm., in the summer of each year, and can be followed throughout succeeding months for two years or more. The analysis is somewhat complicated, however, by the sporadic occurrence of a second mode, entering at a different time of year, which has been identified as the Y series in Figure 8. Both groups occur also in Areas 01, 03 and 04, and here also the X series is the principal component. (These sampling areas all lie north of the Gulf of Tehuantepec; see Figure 7 in Annual Report for 1955 for a map of sampling areas). Some regularity of occurrence is indicated; the Y groups entering the fishery generally at the year's end, but at the same initial size and, to the extent they can be followed, progressing in model length at a rate similar to that of the X series. The origin of these two age-class series is not yet known.

Growth curves have been derived by plotting the monthly modal lengths of each of the age classes of the X series against month and year of capture (Figure 9). Growth is rapid, the newly recruited age group entering the fishery at midyear at a size of about 50 cm. (likely biased upwards due to gear selection) and reaching modal lengths in succeeding summers of about 85 to 125 cm. There appears to be some variation in growth among year classes, the growth of the X55 class began particularly rapid during 1956.

While direct age determination by examination of hard parts has not been undertaken, because success in this regard seems unlikely from the failure of other workers, we can make some inferences concerning age by utilizing data on time of spawning and assuming that the length increment should be greatest in the first year of life. The age of the principal entering group, in the X series, (in August, at about 55 cm.) is estimated

to be one year. The fishery for yellowfin tuna is, consequently, at present supported predominantly by two age groups of fish, in their second and third years of life.

Variation in growth among these four northern areas (from Baja California to the Gulf of Tehuantepec) is negligible, there being in fact, more variation among year classes within areas. The similarity strongly suggests a common origin for this series of year classes in the four areas.

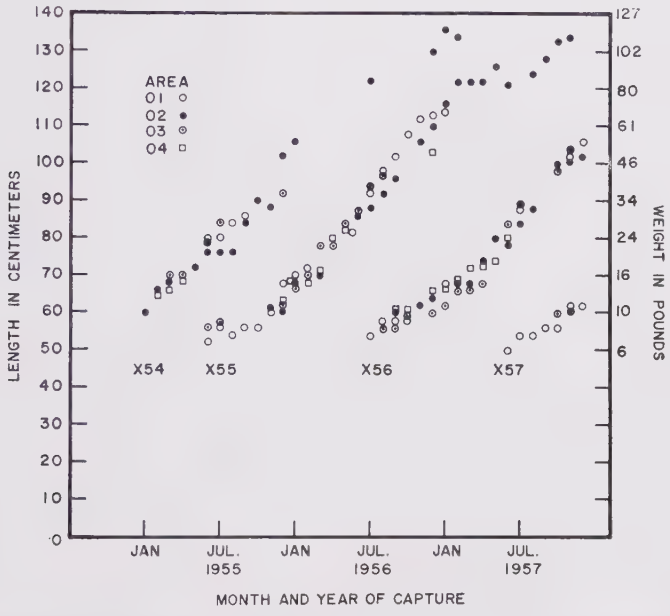

FIGURE 9. Growth of yellowfin tuna in the region north of the Gulf of Tehauntepec (Areas 01-04), from the temporal progression of size classes.

Similar analysis of the size composition data from Area 05, 06, and 07 (Central America, Peru and Galapagos) has also been pursued but has not yet yielded clear results. The data from these areas are less continuous in time, and do not contain dominant size groups which can be followed through the fishery for periods of time sufficient to allow unambiguous interpretation. In Area 05, particularly, there appear to be recruited two size groups each year, of nearly equal abundance, entering approximately six months apart. This phenomenon may be caused by two periods of peak spawning (or survival) each year, and may be related to the second size component occurring in the northern areas, where only a single annual peak period of spawning is indicated. At any rate, the size composition of these central and southern areas seems to differ in several respects from those to the north, but precise definitions of differences have not yet been formulated.

We are continuing the calculation of the apparent relative abundance of yellowfin tuna in terms of numbers of fish by size categories. Quarterly

data on catch-per-standard-day's-fishing and mean weight per fish have been combined, presently through 1957, by sampling areas, to provide a suitable index of abundance for this purpose. These data will provide a means of determining variations in strength of age classes, and, hence, recruitment. Estimates of mortality are also being derived from these data. These calculations have not yet been completed for all areas, and, of course, a much longer time-series of data is required before firm results will be forthcoming. Preliminary work, however, has revealed that, while the growth rate is similar among Areas 01 and 04, differences in relative abundance of different size classes of fish are apparent. Area 02, in particular, appears to contain larger size groups of fish in greater abundance than adjacent areas.

Preliminary estimates of annual total mortality indicate average values of 85-90 per cent.

During the year we have collected and tabulated similar size-composition data for skipjack. Skipjack size-composition studies have been held in abeyance, however, pending the further advancement of the more urgently required yellowfin studies. What work has been done indicates that the skipjack enter the fishery at a size of 45-50 cm., and are probably at least two years old. The fishery, in general, operates on one, or at most two, age groups of fish. The larger group has a modal size of 60-70 cm., and groups of fish larger than 70 cm. in modal length are almost nonexistent in the catch. Size composition differences among areas seem to be more definite for this species than the yellowfin.

Tuna tagging and recovery

The most direct way of studying the migrations of tunas of commercial sizes, and by this means elucidating the geographical distributions of possible sub-populations, is the tagging and subsequent recovery of marked specimens. Information from recovery of tagged tunas is also useful as an additional, independent, means of studying growth rates, and can also provide estimates of rates of total mortality and, under favorable circumstances, of rates of fishing mortality. Research along this line was commenced in December 1955. During 1958 we have continued this research, and have especially intensified our efforts toward the liberation of large numbers of tagged fish throughout the range of the fishery by the addition of a field station at Manta, Eucador and by the experimental charter of a tuna clipper for tagging in selected areas of the fishery.

During the first two years of the tagging program, effort was mainly directed toward the development of improved tagging materials and techniques. A comprehensive outline of these methods and their modification was presented in our 1957 annual report.

Throughout 1958, the basic tag employed routinely was a loop of nylon-reinforced yellow vinyl plastic, inserted through the dorsal mus-

culature just posterior to the second dorsal fin and clamped with a monel staple. Tests of an automatic stapling device for fastening the plastic have indicated that the increased speed of tagging by this method is a worthwhile improvement, and during 1958 most of the tags have been applied in this manner. In addition to the loop tags, 237 yellowfin and 751 skipjack were tagged with yellow plastic dart tags, similar to those employed by scientists of the Pacific Oceanic Fishery Investigations for skipjack in the Central Pacific.

Tag liberations

Table 4 contains a summary of 44,834 tag releases made since the inception of the tagging program in December 1955, and also gives the numbers of returns through December 31, 1958. Most of the cruises during the past year were made aboard San Diego-based clippers. In addition, tagged fish were released by Commission personnel operating aboard clippers based in Paita and Chimbote in Peru and also, toward the end of the year, by a Commission scientist and assistant operating from Manta, Ecuador. A large share of the total tag releases for the year were made during the experimental charter (Cruise No. 23) of the 115 ton clipper *North American* hired for a 30-day period during August. This vessel and crew of seven (plus four Commission scientists) were employed to ascertain the cost per tag released by the charter method, and to determine the efficiency of releasing large numbers of tagged tunas in selected areas of the fishery which cannot normally be covered effectively

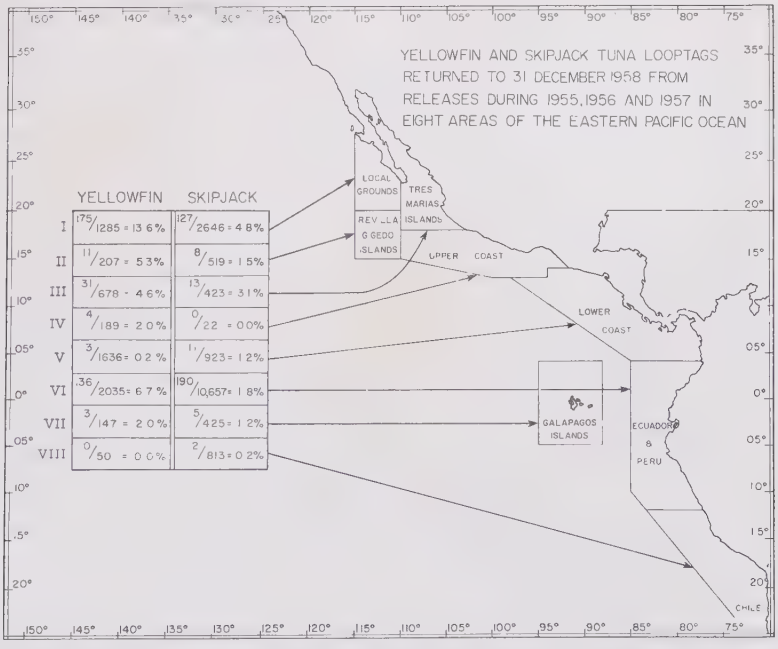
YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA LOOPTAGS
RETURNED TO 31 DECEMBER 1958 FROM
RELEASES DURING 1955, 1956 AND 1957 IN
EIGHT AREAS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN
YELLOWFIN
SKIPJACK
I 175/1285 = 13.6% 127/2646 = 4.8%
II 11/207 = 5.3% 8/519 = 1.5%
III 31/678 = 4.6% 13/423 = 3.1%
IV 4/189 = 2.0% 0/22 = 0.0%
V 3/1636 = 0.2% 11/923 = 1.2%
VI 36/2035 = 6.7% 190/10,657 = 1.8%
VII 3/147 = 2.0% 5/425 = 1.2%
VIII 0/50 = 0.0% 2/813 = 0.2%
LOCAL GROUNDS
TRES MARIAS ISLANDS
REVILLA GIGEDO ISLANDS
UPPER COAST
LOWER COAST
GALAPAGOS ISLANDS
ECUADOR & PERU
CHILE

FIGURE 10. Yellowfin and skipjack loop tags returned through 31 December 1958 from releases made during 1955-1957 in eight areas of the Eastern Pacific Ocean.

TABLE 4. TUNA TAGGING WITH PLASTIC LOOP TAGS[1] TO DECEMBER 31, 1958

FROM SAN DIEGO

Cruise Number	Vessel	Date Voyage Ended	Area fished	Number tagged Yellowfin	Number tagged Skipjack	Number recovered (Through Dec. 31, 1958) Yellowfin	Number recovered (Through Dec. 31, 1958) Skipjack
Tagged during 1955-1957				4494	8107	262	182
15	West Point	1/21/58	Central Amer., upper coast; Ecuador, Peru, Chile	28	1	1	—
17	Coimbra	2/ 4/58	Cent. Amer., upper & lower coast; Ecuador, Peru & Chile	266	123	9	2
18	Columbia (P.S.)	2/ 4/58	Baja Calif., Guadalupe Island	(121 Bluefin tuna)		(8 recoveries)	
19	Mary Lou	5/31/58	Cent. Amer., lower coast; Ecuador & Peru	390	325	1	2
20	Constitution	6/ 6/58	Cent. Amer., lower coast; Ecuador & Peru	442	1100	—	23
21	Jo Linda	6/ 9/58	Baja, Calif., Revilla-Gigedo Islands	236	409	45	24
22	South Coast	8/ 9/58	Baja California	391	1090	53	20
23	No. American	8/27/58	Baja California	1828	7602	25	44
24	Elsinore	12/10/58	Peru, Gulf of Guayaquil & Southern Peru	134	1187	—	1
			Total — 1958	3715	11,837	134	116
FROM PAITA AND MANCORA, PERU							
Tagged during 1956-1957			Totals	1803	7991	101	174
Tagged during 1958							
1st quarter			Peru-Ecuador	433	930	4	17
2nd Quarter			Peru-Ecuador	323	2659	16	48
3rd Quarter			Peru-Ecuador	272	744	13	24
4th quarter			Peru-Ecuador	206	926	—	2
			Total — 1958	1234	5259	33	91
FROM MANTA, ECUADOR							
Tagged During Nov.-Dec. 1958			20′ — 30′ N.W. Manta	17	145	—	—
			Grand Total	11,263	33,339	530	563

[1]For charter cruise, No. 23, numbers tagged include 237 yellowfin and 751 skipjack marked with dart tags: numbers recovered include, 1 yellowfin and 4 skipjack marked with dart tags.

from our regular trips aboard commercial vessels. The experiment was considered successful as the 9,429 tunas were tagged at a cost per tag which was slightly below that of our costs for tagging aboard vessels on commercial fishing trips. Consequently, in our program planning we anticipate chartering at least once each year in order to release tags in selected areas of the fishery where numbers of releases by our present methods have been less than desirable.

A summary of the total returns for each species tagged during 1955-1957, by eight broad tagging areas, is given in Figure 10. From this Figure it can be seen that the percentage of tag returns is greatest for both species in the fishing region adjacent to the coasts of Baja California in the north and Peru to the south. In general, the average rates of return of tagged yellowfin are several times greater than those for skipjack. This may be associated with one or all of the following:

1. Higher rate of fishing mortality for yellowfin than skipjack tuna.
2. Lower initial tagging mortality for the yellowfin, which is apparently a hardier species than the skipjack.
3. Lower duration of exposure of the skipjack to the fishery, either due to a higher natural mortality rate, or to emigration from the area of exploitation.

The latter possibility is suggested because the long-term returns (greater than one year between tagging and recovery) are noticeably more frequent for yellowfin than for skipjack.

Movements of tagged tunas

A brief summary of the distances of net movements of tagged tunas returned through December 31, 1958 is given below, the distances being measured along the shortest water routes between the points of tagging and recapture:

Distance	Yellowfin			Skipjack		
	Time free in days			Time free in days		
	1-60	61-180	180+	1-60	61-180	180+
Less than 90 miles	213	120	72	389	63	18
90 miles or greater	14	30	47	13	31	12

In addition there were 34 tagged yellowfin and 37 tagged skipjack for which either time out, or distance migrated, or both, are undeterminable.

Although most of the tagged fish had moved less than 90 miles during their period at liberty, it can be seen that the mean net distance migrated increases with time, and that a considerable percentage of those fish free greater than 180 days moved further than 90 miles.

Using the boundaries indicated in Figure 10 for fishing areas, it was

also found that only 13 fish, listed below, had moved from one area to another during their time at liberty:

Species	Number	Area released	Area captured
Yellowfin	4	Area I, Baja Caliofrnia	Area III, Gulf of California
Yellowfin	4	Area III, Tres Marias	Area I, Baja California
Yellowfin	1	Area IV, North Mex. Coast	Area II, Revillagigedo Is.
Yellowfin	1	Area VII, Galapagos Is.	Area VI, Peru-Ecuador
Skipjack	2	Area VI, Peru-Ecuador	Area VIII, Chile
Skipjack	1	Area VII, Galapagos Is.	Area VI, Peru-Ecuador

In addition to these movements between major areas, there were some fairly long migrations of tagged fish within their area of release. Seven tagged yellowfin and one skipjack at liberty for two to six months, moved northward from the Tres Marias Islands to the western edge of the lower Gulf of California. Within the area adjacent to the northern coast of Peru, seven yellowfin and eight skipjack showed movements between the Gulf of Guayaquil and the 14 fathom bank off Chimbote, Peru, a distance of about 375 miles. Three of these yellowfin and four of these skipjack moved south while four yellowfin and four skipjack moved north. In addition, five tagged skipjack moved from the fishing areas off Peru, of which four were recaptured off Ecuador and one off southern Colombia.

In summary it appears that at the northern and southern extremes of the fishery, where sufficient tag information is becoming available, some mixing between fishing areas is evident. Both species apparently move north from the areas off the north Mexican coast and the Tres Marias Islands into the Gulf of California and to the local fishing areas off Baja California. Yellowfin tagged in this latter region have been recaptured in the Gulf of California but none have been taken either at the Tres Marias Islands or further south. Many of the fish tagged off Baja California have been recaptured the following fishing season very near their original release points, and our tagging evidence does not yet indicate that these northern fish return to the fishery off the central Mexican coast.

It also appears that stocks fished near the offshore islands are at least semi-independent, since only one tuna, a yellowfin, had moved between the coastal area and the Revilla Gigedo Islands, and one yellowfin and one skipjack released at the Galapagos Islands had been returned from the coastal fishery off Peru.

Morphometric studies

We have completed, for both species, manuscripts summarizing the results of our morphometric investigations. This research has shown for skipjack that there are significant differences (1) among populations of the major sampling areas within the Eastern Pacific fishing regions, and (2) between these areas and the Central Pacific areas of the Hawaiian and Society-Marquesas Islands. The yellowfin studies do *not* show signi-

ficant morphometric differences among areas within our fishing region, but reaffirm with more extensive data, the large significant differences previously found to exist between the Central and Eastern Pacific fishing regions.

It is believed that further morphometric studies would not provide more information on sub-population structure than already obtained, and we shall, after publication of present results, suspend this line of investigation.

Tuna genetics

From recent work on blood-typing of tunas by Japanese scientists in the Western Pacific and Indian Ocean, and from current studies on salmon, sardines, and other species in the Eastern Pacific, it appears that comparative serology of blood of tunas may be a promising new avenue of investigating the population structure, since the serological reactions are genetically determined.

We have, therefore, initiated in cooperation with the U. S. Bureau of Commercial Fisheries, which has already established a laboratory for this kind of work at the Scripps Institution of Oceanography, an investigation into the serology of tuna blood. Initially we plan to compare bloods of yellowfin tunas from the Central Pacific and the Eastern Pacific, which we know from morphometric studies to belong to different populations, as a basis of subsequent comparisons of tunas from different areas within the Eastern Pacific.

So far the work on this project has been of a very preliminary nature, connected with techniques of freezing and thawing of the whole fish blood. Collection of blood of tunas in the Central Pacific will be made by the Pacific Oceanic Fishery Investigations in Hawaii. Blood samples in the Eastern Pacific will be collected by our staff incidental to tagging cruises this spring.

6. Other aspects of tuna biology and behavior

The above described researches on population structure, migrations, and vital statistics, are of highest priority. However, other investigations on the life history of the tunas are necessary for the proper interpretation of data from these investigations. Additional knowledge of the biology and behavior of the tunas is also required in cennection with ecological studies, and as a basis of planning future management measures. Several additional lines of study were, therefore, continued during 1958:

Food of tunas

Knowledge of the kinds of organisms which tuna eat, and the relative importance of different kinds of organisms as tuna food in different situations, are of importance to our understanding of the regional aggregations

and behavior of the tropical tunas. For example, determination of the relative importance of benthic forms in the stomachs of tunas captured in the vicinity of islands and banks, compared with oceanic areas distant from these shoal areas, is required to understand the mechanism by which they attract tunas. During 1958 we have initiated, therefore, a program of sampling tuna stomachs from a wide variety of fishing areas at different seasons and examining their contents. Samples are obtained from three sources: (1) Scientific cruises, (2) Tagging cruises, and (3) Cannery cutting lines. The latter has proved to be our only adequate source of material. Due to the nature of the fishery in the past year, we have not been able to sample all areas of the fishery to our satisfaction and, therefore, will continue the program during the coming year.

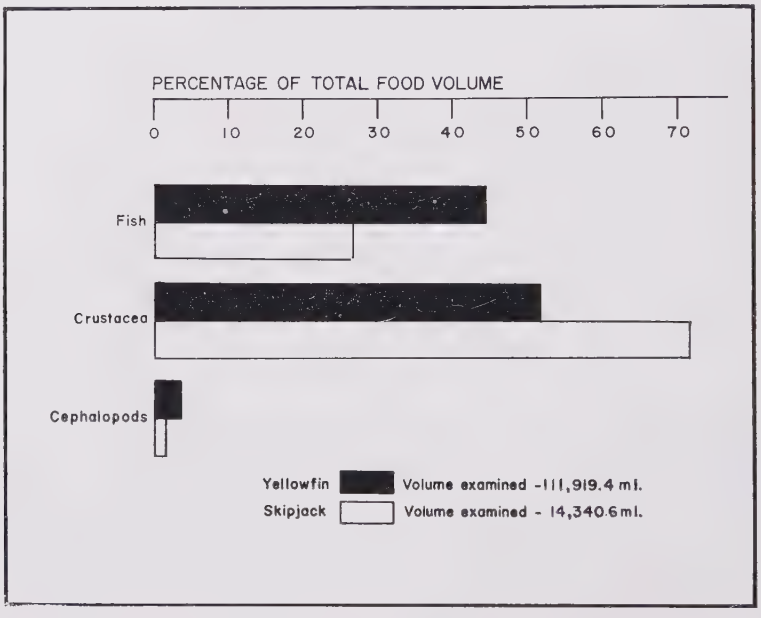

FIGURE 11. Relative importance, by volume, of fish, crustacea and cephalopods as tuna food.

Although this study is still in progress, some preliminary results can be reported. The food of both yellowfin and skipjack may be divided into three general categories (1) fish, (2) crustacea, and (3) cephalopods (squids) (Figure 11. Crustacea and fish are the predominate items in the food of both species, with cephalopods of only minor importance. Examination of 1,592 yellowfin tuna stomachs indicates that their food consists, by volume, of 44.5 per cent fish, 51.8 per cent crustacea and 3.7 per cent cephalopods. Twenty-six per cent of the stomachs were empty. The contents of 935 skipjack stomachs reveal that their food consists, by volume, of 71.5 per cent crustacea, 26.8 per cent fish and 1.7 per cent cephalopods. Only 44.5 per cent of the stomachs examined contained any food.

In Figure 12 are shown the food items found in the stomachs of

yellowfin tuna. A crustacea, *Pleuroncodes planipes,* more commonly known as "red crab", is by far the most important item found, comprising 48.4 per cent of the total food volume. All other items found in yellowfin stomachs contributed less than 10 per cent of the total food volume. Reef types appear to be important food of tunas taken around the offshore islands, but a relatively minor component in the food of tunas caught élsewhere. Four families of fish, Tetraodontidae, Ostraciidae, Balistidae and Diodontidae are commonly found in the stomachs of fish taken in the vicinity of the Revilla Gigedo Islands, but are rarely found in the stomachs of yellowfin from areas near the mainland.

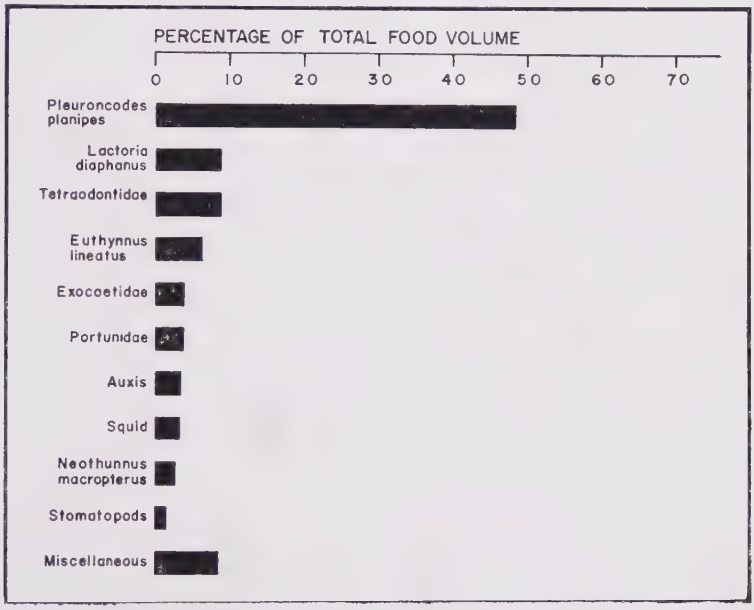

FIGURE 12. Relative importance, by volume, of the major components of yellowfin tuna food.

Euphausiids are, by far, the most important food item in skipjack stomachs, amounting to 61.5 per cent of the total food volume (Figure 13). Other important items are, in descending order of importance, *Vinciguerria* (a small bathypelagic fish), flying fish (Exocaetidae), red crabs, sauries and squid.

Evidence of spawning from gonad examination

During 1958, collection and examination of tuna gonads to determine degree of sexual maturity have been restricted to those areas for which adequate data to delineate the spawning season, if any, were not available from previous years' data. Sampling has been nearly completed for most areas, and it is expected that this phase of our research may be essentially completed during the next year.

Information obtained from tuna gonads during 1958 does not sub-

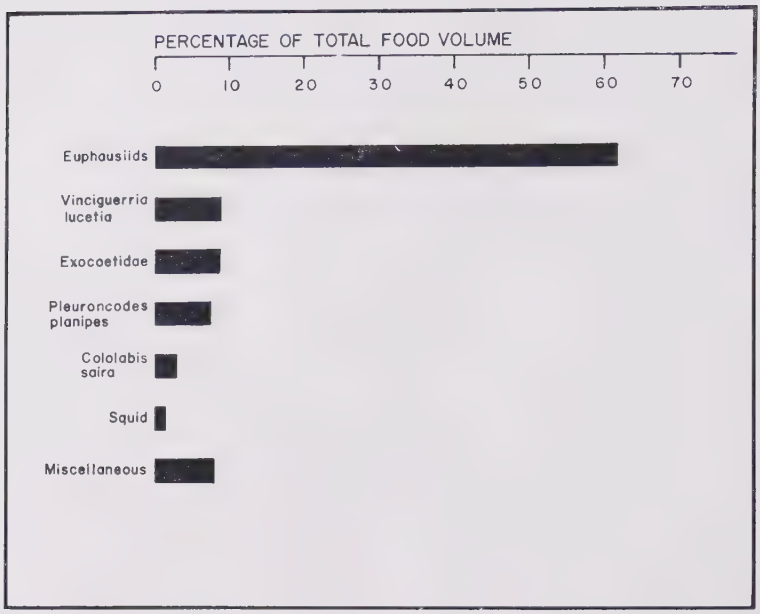

FIGURE 13. Relative importance, by volume, of the major components of skipjack food.

stantially change any of the conclusions given in the 1957 annual report. We have, however, much better evidence on yellowfin spawning in the area between the Gulf of Tehuantepec and the Tres Marias Islands. It also appears that few fish reach advanced stages of maturity at any time in the region off the Gulf of Guayaquil and northern Peru.

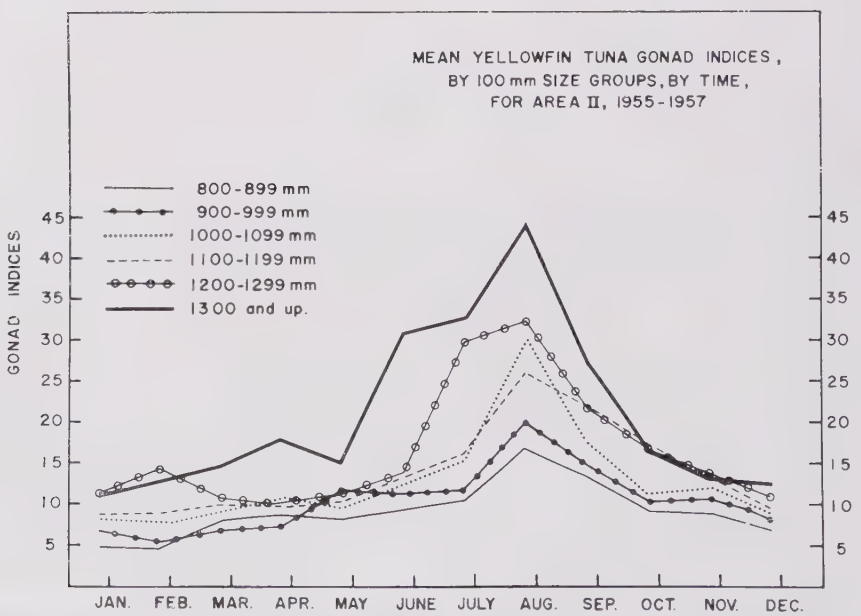

FIGURE 14. Mean gonad indices for yellowfin tuna, by size groups, for Area 02, (Revilla Gigedo Islands).

Further analysis of yellowfin tuna gonad data from the Revilla Gigedo Islands, collected in 1955-57, indicates that there is a size differential in the share of the population in advanced stages of sexual maturity, as revealed by the mean gonad index. It appears (Figure 14) that the mean gonad index attained by the larger size-categories during the summer spawning period is much greater than for the smaller categories. This could be due to fewer small fish than large fish attaining maturity, or it could be due to the large fish remaining in spawning condition (spawning more batches of eggs) over a longer time than the small fish.

Fecundity

In connection with the examination of tuna gonads, a study was commenced late in 1958 to determine the number of eggs present in the maturing group of ova in ovaries in advanced stages of development for specimens of various sizes of tunas of each species. By the end of the year 17 specimens of yellowfin tuna suitable for this purpose had been obtained and the ova in the maturing group estimated. These fish ranged in total length from 828 to 1460 millimeters, and contained from 5×10^5 to 6×10^6 maturing ova, the fecundity generally increasing with fish size. Values for larger fish are quite similar to those obtained from specimens of similar size reported in the literature by scientists in Hawaii.

Larval and juvenile stages

Since adult tunas are potentially highly mobile, and thus, can cover large distances in a short time, capture of fish with mature gonads does not necessarily indicate that they would spawn in the near vicinity of the point of capture. On the other hand, it is believed that the passive displacement of eggs and recently hatched larvae within the Eastern Tropical Pacific cannot be extensive. Therefore, presence of young forms in a given area should be direct evidence of recent spawning there.

During 1958 numerous additional collections of larval and juvenile tunas from the Eastern Pacific Ocean have been examined and identified. This material originated from catches made in plankton hauls and by dip nets aboard research and commercial vessels, the most important part of the material originating from the Tuna Spawning Survey in the neighborhood of the Revilla Gigedo Islands in the summer of 1957, and the "Scot" Expedition in waters between California and Panama (see page 61) in the summer of 1958. These two expeditions were conducted in waters in which previous collecting had been done, but the times of these cruises were chosen to correspond with the probable season of spawning of tunas, as deduced from gonad studies, in at least some of the areas visited. Although the "Scot" collections have not yet been completely sorted, it can be said that these two cruises were quite successful in collecting larvae, especially of yellowfin tuna.

Information obtained from these collections, together with those of

previous years, provide us with the background to form a rough picture of spawning activities within some parts of the Eastern Pacific Ocean. Of special importance is the fact that generally this picture agrees with that obtained through gonad studies.

Yellowfin:

Information on the spawning time of yellowfin tuna is more extensive than for the other species. Inferences are as follows:

Area of Revilla Gigedo Islands: Spawning in the summer.

Offshore area in the vicinity of Clipperton and Cocos Islands: Spawning in spring.

Near-shore area off Central America: Main spawning in winter and early spring, some spawning in other seasons.

Area off Ecuador: Spawning in southern fall.

Skipjack:

Until 1958 only a few larval and juvenile skipjack had been collected in waters of the Eastern Tropical Pacific Ocean. In 1958, during the "Scot" Expedition, young skipjack were caught in waters between Clipperton and Cocos Island. Another collection was made in waters off Cape Pasado, Ecuador, in the month of April. The scarcity of young forms of skipjack in our collections suggests that the near-shore waters of the Eastern Pacific Ocean are not important as a spawning place for this species.

Commercially unimportant species:

In our studies of larval and juvenile tunas we have included the commercially unimportant species, frigate mackerel and black skipjack. This is not without value, as some problems of their early life history are common to the yellowfin and skipjack.

Information obtained in 1958 does not appreciably alter the facts pertaining to the spawning of commercially unimportant tunas presented in the annual report for 1957.

Schooling habits

During 1958 we have continued to gather observations on the species composition of tuna schools fished by clippers in the course of our tagging cruises. The two species occur throughout the range of the fishery, and most vessels land a mixture each trip. To determine what share of the catches is made from pure schools, our scientific staff have, in the course of tagging cruises, estimated the tonnage of fish landed from each school fished. These samples, taken during all seasons of the year, now total 6,341 tons and represent between two and three per cent of the baitboat catch during the period of observation. Although small, these samples appear representative and indicate that about 64 per cent of the catch is

obtained from pure schools, with a greater tendency toward mixed schools in the central region of the fishery. Our previous studies from the logbook records of catches of single sets by the purse-seine fleet indicated that over 80 per cent of their catch is made from pure schools.

We are also collecting data on the size composition of individual schools encountered by both clippers and seiners, as a basis of studying the degree to which the tropical tunas tend to aggregate by size. These data are currently being analyzed.

7. Investigations of physical, chemical and biological oceanography and tuna ecology

Investigations in the Eastern Pacific and in other parts of the world ocean, have shown clearly that the important frames of reference in understanding the life history, biology, ecology and behavior of the completely pelagic tunas are the systems of ocean currents and water masses and the distribution of their chemical and biological contents. The general circulation and distribution of properties is intimately related to the average distribution and abundance of the tuna populations. Seasonal and annual variations in oceanographic properties profoundly influence their abundance and availability to capture.

Research toward understanding the oceanography of the Eastern Pacific Ocean and the relationship thereto of the tropical tunas is an essential part of our program. Several kinds of investigation were carried forward during the year:

Research cruises

In order to obtain extensive data on the general physical and biological environment of the Eastern Tropical Pacific during a season of the year not covered by previous expeditions, an extensive cruise, Expedition "Scot", was made between 23 April and 20 June. The track of this cruise is shown in Figure 15. This cruise was a cooperative venture of the Scripps Institution, working under a contract with the U. S. Bureau of Commercial Fisheries, and the Tuna Commission. On this cruise there were made measurements of basic productivity, phytoplankton and zooplankton standing crops, and other biological phenomena, together with routine physical and chemical determinations. Over a closely spaced pattern of stations in the region between Acapulco and Tres Marias Islands were made both surface and subsurface plankton hauls to determine the occurrence of tuna larvae, since we believe this is a major yellowfin tuna spawning area in this season.

Personnel of our staff also participated in a cruise to the Gulf of Tehuantepec, sponsored by the Scripps Tuna Oceanography Group, during November-December 1958.

Analysis of data from Island Current Survey and Tuna Spawning Survey

Island Current Survey

The physical and chemical data from the Island Current Survey, described briefly in the Report for 1957, have since been examined in detail.

Clarion Island

In the vicinity of Clarion Island, there was no mean ocean current. This precluded any examination of the effect of an isolated island on an ocean current. The GEK observations and the geopotential topography (and geostrophic current) were consistent and indicated several eddies. A large counterclockwise eddy was centered southwest of, but included, Clarion Island.

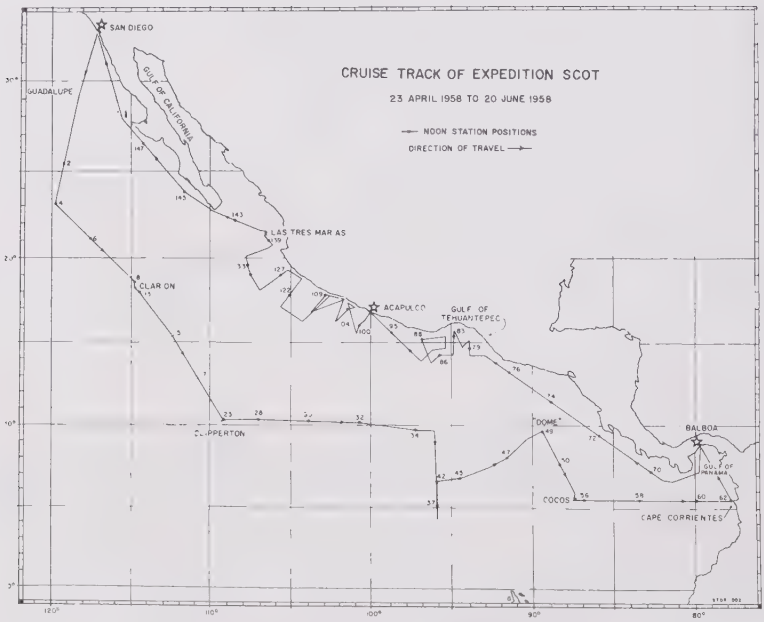

FIGURE 15. Cruise track of expedition "Scot".

A bathythermograph section run to the island from the north indicated that twenty miles from the island, the surface mixed layer extended to the top of the thermocline, but closer to the island, as many as three intermediate layers occurred. The result was that whereas the depth of the surface zone (the depth to the top of the thermocline) was essentially constant, that of the surface mixed layer shoaled toward the island. This may have been an "island effect" and it implies some sort of mixing process above the thermocline. The morphology of the lower depth of the surface mixed layer revealed a dome in an area which included the island, and which was about a hundred times as large as that of the island. This may have been the extent of island effect.

At distances two miles or more from the island, the vertical distribution of variables such as salinity, dissolved oxygen, and nitrite, were characterized by well-defined relative maxima and minima of concentration in the depth interval 40 to 90 meters. Over the island slope, these maxima and minima were absent or, at least, of less degree. This implies a mixing process over the island slope and is consistent with the conclusion reached in the analysis of vertical temperature structure.

In the depth interval 150 to 850 meters, the mean concentration of phosphate was about 0.4 μg. -at./L. higher at stations within five miles of Clarion Island than at stations at distances ten miles or more from the island. If it is assumed that the total amount of inorganic phosphate in a water column is an estimate of the total productivity, then the latter was about twenty per cent higher inshore than offshore.

There was no physical or chemical evidence to explain the abundance of tunas always encountered in the vicinity of Clarion Island. The explanation offered in the annual report for 1957, that the food for tunas is dependent on contributions of benthic forms, seems most reasonable.

Shimada Bank

The recently discovered bank located about 180 miles southwest of Clarion Island has been named Shimada Bank, in honor of the late Bell M. Shimada.

The physical and chemical data were insufficient to determine if the mean ocean circulation in the vicinity of the bank suffered a course deflection by the bank. It was established that a small counter-clockwise eddy existed over the bank, but there was little upwelling or doming. Near the sea bottom beneath the eddy, the concentration of phosphate was markedly high, suggesting a large detritus accumulation. About one mile north of Shimada Bank, observations of a deep surface layer, highest sea surface temperatures, and the maximum zooplankton volume, suggested the accumulation of surface layer water (convergence). Beneath this feature, phosphate concentration was high.

Tuna Spawning Survey

The Tuna Spawning Survey, conducted in July, 1957, immediately after the Island Current Survey, resulted in the accumulation of some 48 bathythermograms taken on a planned grid pattern in the area of the Revilla Gigedo Islands. The condition of constant temperature-salinity relationship throughout the area was assumed so that an estimate of geostrophic current could be made, based on the morphology of isothermal surfaces. Unlike the results of the Clarion Island survey, these data indicated a steady northwest current past Clarion Island. Further east, there were a number of eddies, the largest and best defined of which surrounded Socorro Island. This eddy was counter-clockwise with a diameter of 60 miles.

Analysis of data from "Eastropic" and "Scope" Expeditions

As noted in the 1957 report, the late Townsend Cromwell had commenced isentropic analysis of the "Eastropic" and "Scope" hydrographic station data to elucidate subsurface currents. Preliminary charts had been prepared showing the distribution of several oceanographic parameters on nine different isopycnal surfaces. Some POFI stations were also used in these plots.

Since isentropic analysis has considerable potentialities for bringing out horizontal circulation patterns, it is planned to continue and expand the above-mentioned work. The area covered by the preliminary charts is being extended westward and southward and all modern hydrographic stations in the area are being utilized. This has resulted in more than doubling the amount of data available. The selection and processing of these additional data was begun in early December and is now nearing completion. It remains to be seen whether it is feasible to combine data obtained over a thirty-year period. However, this uncertainty cannot be resolved until contouring of the plotted data is undertaken.

Plankton indicator species

A paper entitled "The Chaetognatha of the "Eastropic" Expedition, with notes as to their possible value as indicators of hydrographic conditions", summarizing the results of investigations into the possibility of using the arrow worms as biological indicators of different oceanic environments has been completed and will be published in our *Bulletin* series. This study has made evident a definite need for investigating the vertical distribution of these and other plankton organisms of possible indicator value. Some closing-net samples already on hand from "Scope" and "Scot" Expeditions and Tuna Spawning Survey presently are receiving attention in this regard. Sampling for the purpose of establishing the vertical distribution of the indicator group will receive increased emphasis on future scientific cruises.

To date, the sorting and categorization of zooplankton samples has progressed satisfactorily: processing of material from "Eastropic" and "Scope" Expeditions and Tuna Spawning Survey has been completed, and work on the material from "Scot" Expedition is underway.

Zooplankton samples from two cruises made by the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru in the Peru Current have been received. Material from two subsequent cruises is expected to arrive soon. The fish and fish larvae and Chaetognatha have been removed from the samples received for future study. The chaetognaths will be identified to species and their distributions plotted in consideration of their possible use in our indicator studies.

Time series observations

In order to study temporal variations in oceanographic factors in relation to temporal variations in the geographical distribution, abundance, and availability of the tunas, we require time-series of measurements of oceanographic parameters. Observations of sea temperature, sea level, and meteorological data collected at shoreside stations by several agencies are of value in this respect, as are also the merchant ship observations collected by the Weather Bureau and the Hydrographic Office. Since these data are not entirely adequate in our part of the Pacific, however, we are attempting to obtain additional data in other ways.

In an attempt to obtain extensive sea-surface temperature data we have, as reported before, installed thermographs on a number of tuna fishing vessels. Evaluation of the data thus obtained, however, has shown that they are often of poor quality and that the effort of obtaining them is much greater than their quality and volume justifies. We plan, therefore, to terminate this project in the near future.

On the contrary, it has been found that a useful amount of sea-surface temperature data can be obtained from masters of tuna vessels who routinely log the temperature in their bridge logs. During the year we have completed tabulation of all the sea-surface water temperatures recorded in the logbook records of the tuna baitboat fleet for the years 1951-1957. These data have been reduced to monthly mean temperatures for many of the one-degree squares throughout the fishing areas of the Eastern Tropical Pacific. However, the coverage by fishing vessels has been poor for various times during the period; therefore, arrangements have been made with the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas of Peru and with the Ocean Research Group at Stanford University to obtain temperature data for selected areas and times during the seven-year period from summaries of merchant vessel logs which they have compiled. It is hoped that changes in the sea-surface temperature can be correlated with changes in success of fishing for yellowfin and skipjack tunas.

Fortunately, during this year the Scripps Institution of Oceanography, under contract with the U.S. Bureau of Commercial Fisheries, has commenced an intensive program to develop moored stations to record various oceanographic parameters (including temperature at several depths, and wind direction and velocity), and to establish a number of these in different tuna fishing areas.

We are still operating temperature recorders at Zorritos and Mancora, Peru. During the year the Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas also undertook to establish thermographs at a number of coastal and island locations along the Peruvian coast.

8. Investigations of biology, ecology and life history of bait fishes

Bait fish studies are conducted from our headquarters laboratory

and from field laboratories in Panama and Costa Rica. During the first five years, investigations were directed primarily to studies of population structure, age, rate of growth and spawning of the anchoveta in each of the important baiting areas for this species between Mexico and the Gulf of Guayaquil. While the most important aspects of these studies have been completed, others are continuing. Attention for the past two years has been focused more and more on the early life history and ecology of this species. Four other species of anchovies and herrings are also important for tuna bait, but since they are receiving the attention of other research agencies, and because the anchoveta is the most important and is the only one likely to be appreciably affected by the tuna fishery, our efforts continue to be largely devoted to it. Some data are, however, being collected on other species.

During the year there were published the results of a study *(Bulletin, Vol. II, No. 9)* of the age, rate of growth, sexual maturity and spawning of the anchoveta in the Gulf of Panama. It was based on collections of anchovetas made by California-based tuna clippers and by Commission personnel at the Panama laboratory. Also published was *Bulletin, Vol. III, No. 1* reporting on an investigation of meristic and morphometric characters of the anchovetas. The results agreed, in general, with an earlier and less expensive study, and provided further evidence that there is little or no mixing of anchoveta populations among localities along the coasts of Mexico, Central America, Colombia and Ecuador.

Adequate collections of anchovetas from most of the principal baiting areas, that have been accumulated for some years, has made possible the determination of age, rate of growth, and time of spawning in each area. It has been mentioned in previous annual reports that the age composition of these populations and their rate of growth is similar to those of the Panama population, but that the time of spawning varies from region to region. After more collections are obtained from the coast of Colombia, where our samples are yet inadequate, the study will be completed for publication.

It has been pointed out in earlier reports that to delineate areas of spawning, to measure success of spawning in relation to changes in the environment, and for studies of the early life history of the anchoveta, it is essential to be able to identify the eggs and larvae of the species. We have been working on the identification problem in the Gulf of Panama since the fall of 1956, and, although it has proved difficult because numerous other closely related species of anchovies and herrings inhabit the same waters, the egg of the anchoveta has been identified and progress is being made toward distinguishing the larvae from those of other species.

The egg of the anchoveta was identified from material collected in the Gulf of Panama in 1956 and 1957 by its size, seasonal occurrence

(October through January), and difference in diurnal time of spawning. The identification was confirmed in December 1958 when artificially fertilized anchoveta eggs were found to be identical with the planktonic eggs previously identified as those of the anchoveta. The egg is pelagic, translucent and oval with mean dimensions of 1.166 mm. and 0.533 mm., respectively, for the long and short axes. The egg membrane is unsculptured, the yolk mass is markedly segmented and no oil globule is present.

Identification of the planktonic egg of the anchoveta has permitted further study of the spawning of this species in the Gulf of Panama. It takes place between 0130 and 0430 hours. Embryonic development is rapid and is completed in approximately twenty hours, when hatching occurs.

The main spawning area in the Gulf of Panama lies between the Panama Canal entrance and Punta de Brujas, a shoreline distance of seventy miles, and is characterized by muddy bottom. Spawning occurs in the shallow inshore waters (1 to 3 fathoms) over a narrow zone extending about half a mile offshore at high tide.

Planktonic eggs of the anchoveta and artificially fertilized eggs have been hatched in the laboratory. The resulting larvae from the two sources have been reared to 96 and 22 hours after hatching, respectively. (Further details concerning rearing experiments are given on page 69). The yolk sac of the larvae is completely absorbed between thirty-six and forty-two hours after hatching. The cleithrum is the first structure to ossify after forty-eight hours after hatching, and at ninety-six hours it is still the only structure showing signs of ossification.

Since larval anchoveta at ninety-six hours after hatching are not recognizable as anchovetas, we still have the problem of identifying the young of this species below about 23 mm., the size at which adult characters are recognized, from eleven other types of larval anchovies. Body proportions, meristic characters, ossification, length of intestine and pigment patterns of larval anchovetas are presently being studied. Preliminary analysis of body proportions indicates that this approach will be of limited utility. There appears to be some variation among the species with respect to the stage of onset, sequence, and completion of ossification, which may be useful in differentiating them. External pigmentation is useful in identifying some species of fish but for the anchovies we find, so far, that there seems to be a great deal of similarity between species and much individual variation. However, this point requires further study.

In the problem of identifying the larval stages of the anchoveta, it would be ideal if we could rear larvae to a size where they could be distinguished by their juvenile and adult characters, and preserve a series of specimens at specified intervals during their development. If we are

unable to separate the anchoveta larvae, in the plankton samples on hand, from the larvae of the other species of anchovies, we will have to renew our efforts to rear larvae in the laboratory beyond ninety-six hours.

Investigations in the Gulf of Panama

Personnel at the laboratory in Panama continued investigations of the life history and ecology of the anchoveta, and studies of variations in the hydrography of the Gulf of Panama. Since studies of the age, rate of growth and spawning of the adults were completed the previous year, most emphasis was given to the early life history. Further experiments designed to develop a suitable tag for marking anchovetas were also conducted, and some additional information concerning the anchoveta population of the adjacent coast of Colombia was collected.

It was decided not to tag anchovetas in the Gulf of Panama during 1958, because experiments undertaken in the three previous years, to determine migrations, and possibly to measure the rate of exploitation of the population by the fishery, proved unsuccessful. Experiments, whereby tagged fish were held in live-boxes have now shown that this was, in large part, due to high tagging mortality and high rate of shedding of tags.

Experiments were carried on from May through September. By May fish of the incoming year class are large enough to handle, and after September fish are difficult to capture and do not live well in captivity because they are maturing sexually. Five types of tags were tried in the experiments, toggle, plastic streamer, plastic loop, metal internal, and Norwegian hydrostatic. Toggle tags were made in a number of ways, and with several materials, but the basic design corresponded to Scottish toggle tags used to mark herring in Europe.

It was found that survival of fish tagged with the same kind of tag varied from lot to lot, and that all tagged fish survived better in May and June than they did in the three succeeding months. However, while some types of tags showed more promise than others, it is disappointing to note that for all types there was heavy mortality and shedding of tags during the first ten days after tagging, and that few tags of any type remained on the fish after thirty days.

During 1959, efforts will be renewed to develop a tag that will remain on the fish and to improve techniques to reduce the handling mortality.

Anchovetas inhabit areas along the coast of Colombia to the south of the Gulf of Panama and also Montijo Bay which is to the west. Comparison of meristic and morphometric characters of specimens from the three regions suggests that there is no free interchange of the populations, but this does not preclude partial intermixing. This is not likely to occur during the adult stage of the anchoveta's life because during this period the species lives exclusively in the shallow, turbid water over mud flats, and there are wide areas of unsuitable habitat along the coasts

separating the three regions. Nevertheless, mingling may take place when the young occur in large schools in the offshore waters during the first three months of life, and perhaps could take place on a large scale if the populations in the three regions spawn at the same time.

It was planned to make regular weekly aerial surveys of the Gulf of Panama during February and March 1958 and to fly along the coast of Colombia and to Montijo Bay several times during this period for the purposes of determining whether schools of the new year class could be observed, and whether they occurred continuously along the coast between the Gulf of Panama and the other regions. Provision was made to charter a single motor Cessna plane to make these surveys, but the project did not prove very fruitful, due to both operational difficulties with the plane, and difficulties in identifying the schools from the air. Nevertheless, some useful information was obtained as to the nature of the schools and their distribution in the Gulf. Further work on this problem may be done in the spring of 1959 by boat.

To contribute to our knowledge of whether the anchovetas of the coast of Colombia and the Gulf of Panama are associated with each other, arrangements were made with local residents in Buenaventura and Tumaco, Colombia to make collections of anchovetas from these two locations. These collections will be studied for age, growth and spawning, and the results of this work should be helpful in determining whether or not the populations along the coast off Colombia mix extensively with the anchovetas in Panama. Examination of the few collections obtained in March 1957 indicated that the entering year classes of both regions are of comparable lengths at that time of year, and the condition of the gonads of the older fish indicated that spawning probably occurs in both regions at approximately the same time.

Results of some early life history studies of the anchoveta were summarized above. As noted, the egg of the anchoveta has been identified, the time (daily and seasonal) and regions of spawning have been determined, but little progress has yet been made on the difficult task of identifying the larvae and separating them from the numerous other closely related species of anchovies and herrings which also inhabit the Gulf. To assist in the latter problem, and to confirm positively the identification of the egg of the anchoveta, two lines of investigation were pursued during the 1958 spawning season. One was the artificial fertilization of anchoveta eggs for comparison with the planktonic eggs previously identified as those of the anchoveta, and the other was rearing, in the laboratory, larvae from both planktonic eggs and artificially fertilized eggs to a stage where they could be recognized as anchovetas.

The planktonic eggs and their resulting larvae were, during 1958, reared in the laboratory by three different methods. One method employed plastic rearing bowls, supplied with running sea water, re-circulated

through the system and subjected to ultraviolet light for bacterial control. Holding larvae in dishes containing static sea water which was changed at frequent intervals was another technique. A third method was the use of a miniature balanced aquarium containing static sea water and green marine algae. Several types of food were offered to the larvae including human blood, a commercially prepared food for aquarium fish, powdered egg yolk, newly hatched brine shrimp *(Artemia salina),* and small amounts of phytoplankton fortuitously present in the sea water. In none of the combinations was it possible to rear the larvae of the planktonic eggs beyond 76 hours after fertilization. The miniature aquarium was considered to be the most promising method.

The major problem involved in the artificial fertilization was to capture, at the same time, fully mature specimens of both sexes. Numerous attempts were made during the early morning hours, when the anchoveta spawns, during several weeks, before this was done and the fertilization accomplished successfully. The fertilized eggs were hatched in the laboratory and the larvae survived in dishes of sea water for 22 hours after hatching.

Regular samples were preserved of the planktonic eggs, the artificially fertilized eggs, and the resulting larvae of both from shortly after fertilization until the death of the last larvae. The artificially fertilized eggs were found to be identical with the planktonic eggs identified as those of the anchoveta in the material collected in previous years. We were unable to rear the larvae to a stage where they could be recognized as anchovetas from adult characters.

Because of the evident importance of seasonal upwelling, which results from greatly increased northerly winds during the period from November to April, on the ecology of the Gulf of Panama, biweekly observations begun in December 1954, of certain physical, chemical, and biological phenomena associated with it were continued. These observations are taken at a fixed station 10 miles southeast of Taboga Island. Additional hydrographic and certain meteorological observations made by the Panama Canal Company are made available to the Commission.

Two figures were presented in the 1956 annual report to illustrate some of the physical, chemical and biological features associated with upwelling as determined from our observation and those of the Panama Canal Company. The mechanics of the upwelling phenomena were also described briefly in the 1957 annual report, and in addition a study was completed and published *(Bulletin, Vol. III, No. 2)* in 1958 dealing with the records of wind direction and velocity, sea level, and sea temperature to elucidate the inter-relationships among these data, both with regard to long-term averages and year-to-year variations.

It is planned to continue the biweekly observations at the fixed

station through May 1959, and then to thoroughly analyze all of the accumulated data before taking further observations.

Investigations in the Gulf of Nicoya

Studies from the field laboratory at Puntarenas, Costa Rica are concerned primarily with: (1) the results of the 1953 transplantation experiment which was made in an effort to rehabilitate the population of anchovetas; (2) studies of the life history and ecology of the anchoveta and other tuna bait fishes; and (3) collection of hydrographic data to measure variations in the environment.

Personnel at the laboratory also made, late in 1958, a trip to the area 20 miles S. W. of Cape Blanco, Costa Rica in an effort to capture larval tunas from this region which is believed to be an important tuna spawning locality. These surveys will be continued for the next several months if the results prove fruitful.

Five years have elapsed since, in October 1953, approximately half a million sexually maturing anchovetas were captured in the Gulf of Panama and transported aboard a tuna clipper to the Gulf of Nicoya for the purpose of possibly rehabilitating this once important fishing area for this tuna bait species. Systematic search for anchovetas during 1958 revealed, as in previous years since 1954, that the population apparently resulting from the transplantation remains at a very low level—far below commercial value. While the catches made with beach seines and shrimp trawls indicate that the adults were more abundant in 1958 than in 1957, although the juveniles were fewer, it appears that the population has persisted and propagated at about the same low level each year since 1954.

Examination of the gonads of the adult fish captured in 1958 continue to support previous evidence of anchoveta spawning in the Gulf of Nicoya during most of the year. Routine surveys of the Gulf to obtain anchovy eggs and larvae were discontinued in September 1958 because we believe we now have sufficient material on hand to determine whether it will be useful in providing additional information on the time and areas of spawning. Examination of the planktonic material has been postponed until the results of studies of similar material from the Gulf of Panama are completed.

Few of the numerous species of anchovies and herrings in the Gulf, which are presently far more abundant than the anchoveta, are valuable as tuna bait. An exception is the thread herring, *Opisthonema libertate,* which is caught in large quantities in Mexican waters. This species is rather abundant in the Gulf of Nicoya and we have, therefore, during the last two years, made extensive collections of adults and juveniles for a study of its age, rate of growth and time of spawning in that region. While the material has not been completely analyzed, it is apparent that the species spawns throughout the year, although there may be seasonal

peaks in the reproduction. Since recruitment is continuous, it will probably be impossible to assign ages to fish of different size groups.

Analysis of the hydrographic data collected from the Gulf of Nicoya was essentially completed and a manuscript describing the annual regime in the Gulf is in preparation.

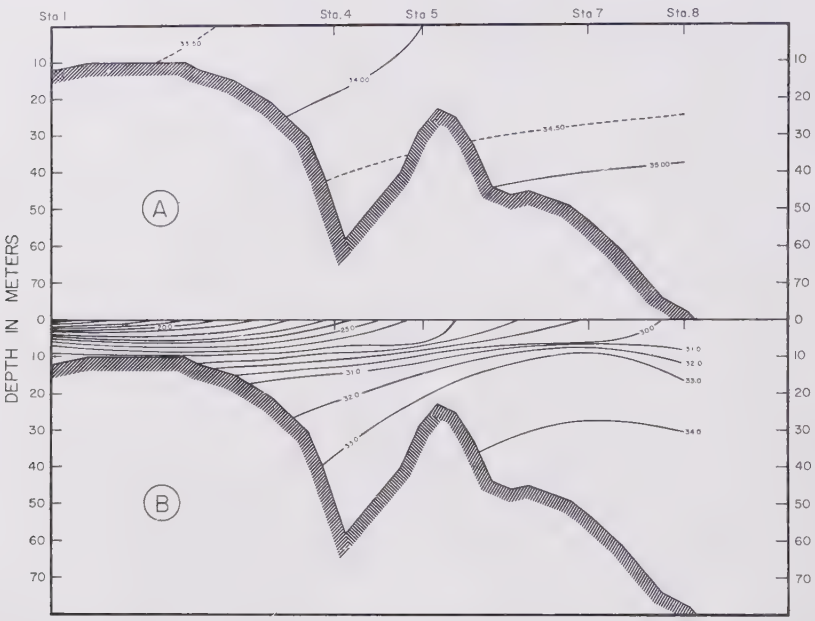

FIGURE 16. Typical salinity profiles for the Gulf of Nicoya during (A) the dry season, and (B) the rainy season.

The Gulf of Nicoya may be regarded as an estuarine system in which the dynamic structure is principally controlled by salinity variations. The discharge of fresh water forms an isostatic head in the northern reaches of the Gulf, resulting in a gravity impelled surface flow toward the mouth which must be compensated by a replenishment of saline water from below in order to maintain the salinity distribution. This is accomplished by an up-inlet flow, at deeper levels, of relatively higher salinity water. Figure 16b illustrates the typical salinity structure of the rainy season. Both vertical and horizontal gradients are strongly developed, and the mixed water of the surface layer is largely confined to the upper 20 or 25 meters.

With the decline of the runoff at the end of the rainy season, tidal action and winds destroy the intense salinity stratification characteristic of the rainy season, so that the circulatory system referred to above is eventually replaced by an essentially oceanic salinity structure (Figure 16a).

The seasonal changes in the temperature structure of the Gulf (Figure 17) closely follow those of salinity; that is, there is strong strati-

fication during the rainy season, and a tendency toward homogeneity in the dry season, particularly in the upper 20 or 30 meters.

The seasonal variation in the average temperature of the water column usually does not exceed 3°C. The minimum temperature at all depths is reached in October or November, in phase with the period of minimum air temperature, but maximum temperature in the water column lags a month or so after the period of highest air temperature (April).

An analysis of the heat budget was made to determine whether or not the observed temperature changes in the Gulf could be explained entirely in terms of heat exchanges with the atmosphere (solar insola-

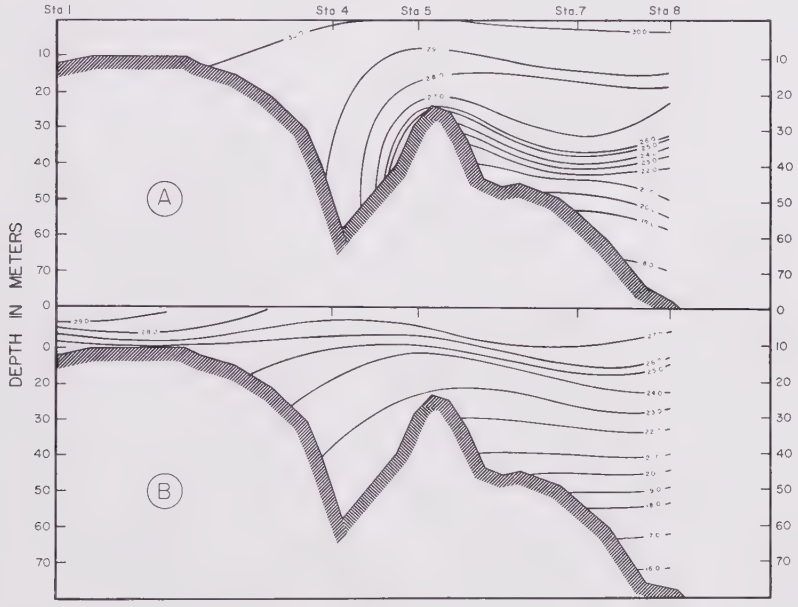

FIGURE 17. Typical temperature profiles for the Gulf of Nicoya during (A) the dry season, and (B) the rainy season.

tion, evaporation, conduction, etc.). The data indicate that the sea is continuously gaining more heat from the atmosphere than it is losing to the latter, so that, in order that the heat balance be maintained, there is indicated an advection of warm water from the Gulf to the sea. The anylsis of observed temperature changes shows that advection of warm water from the Gulf is at a maximum during the rainy season. Undoubtedly a large part of this observed loss of heat during the rainy season is due to the seaward flow of fresh, warm surface water, moving in response to the isostatic head.

Publication of research results

As indicated in the Report of the Commission (page 61), there were published during the year in our *Bulletin* series five research reports.

The staff of the Commission also publishes in other journals. Nine such contributions were published during the year:

16. Shimada, Bell M.
    1958 Diurnal fluctuations in photosynthetic rate and chlorophyll "a" content of phytoplankton from Eastern Pacific waters. Limnology and Oceanography, Vol. 3, No. 3, pp. 336-339.
17. Schaefer, Milner B.
    1958 Utilization and conservation of the tuna resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean.
    Trans. 22nd North American Wildlife Conference, pp. 472-484.
18. Schaefer, Milner B.
    1957 Large scale biological experiments using radioactive tracers. Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries, Nat. Acad. Sci.—Nat. Res. Council Publ., No. 551, pp. 133-137.
19. Revelle, Roger and M. B. Schaefer
    1957 General considerations concerning the ocean as a receptacle for artificially radioactive materials.
    Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries, Nat. Acad. Sci.—Nat. Res. Council Publ., No. 551, pp. 1-25.
20. Schaefer, Milner B. and Yvonne M. M. Bishop
    1958 Particulate iron in offshore waters of the Panama Bight and in the Gulf of Panama.
    Limnology and Oceanography, Vol. 3, No. 2, pp. 137-149.
21. Wooster, Warren S. and Townsend Cromwell
    1958 An oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific. Scripps Inst. Oceanogr., Bull., Vol. 7, No. 3, pp. 169-282.
22. Brandhorst, Wilhelm
    1958 Nitrite accumulation in the North-East Tropical Pacific. Nature, Vol. 182, p. 679.
23. Brandhorst, Wilhelm
    1958 Thermocline topography, zooplankton standing crop, and mechanism of fertilization in the Eastern Tropical Pacific.
    Jour. du Cons. Integrant. Explor. de la Mer, Vol. 24, No. 1, pp. 16-31.
24. Sund, Paul N.
    1958 A study of the muscular anatomy and swimming behavior of the sea anemene, *Stomphia coccinea.*
    Quart. Jour. Micr. Sci., Vol. 99, Part 3, pp. 401-420.

APENDICE A

INFORME SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL, CORRESPONDIENTE AL AÑO 1958

por

Milner B. Schaefer, Director de Investigaciones

Las investigaciones científicas para llenar los propósitos de la Convención, actualmente en su octavo año de vigencia, son efectuadas por un grupo internacional permanente formado por hombres de ciencia con su laboratorio principal en la Institución Scripps de Oceanografía en La Jolla, California. También se mantienen laboratorios regionales en San Pedro, California; en Puntarenas, Costa Rica; y en la Universidad de Panamá, en la Ciudad Capital de la República de Panamá. Una estación local ha operado temporalmente en Máncora, Perú, en 1956 y 1957, y en Paita, Perú, en 1958. También fué establecida en noviembre de 1958, una segunda estación local en Manta, Ecuador. Las investigaciones en los antes citados laboratorios y estaciones se realizan en cooperación muy estrecha con otros grupos gubernamentales, internacionales y universitarios de investigadores interesados en oceanografía y en los recursos marinos del Océano Pacífico Oriental. El programa de estudio de la Comisión comprende una serie de líneas de investigación que abarcan la estructura, la biología, la ecología, la historia natural y la dinámica de las poblaciones del atún aleta amarilla *(Neothunnus macropterus)*, del barrilete *Katsuwonus pelamis)* y de las especies de peces-cebo empleadas para la captura de dichos atunes, con el particular propósito de determinar los efectos de la pesca en los stocks, y el volumen del esfuerzo de pesca correspondiente a la producción máxima sostenible de dichos recursos. Durante 1958 ha sido posible llevar adelante, en forma adecuada, todos los estudios que la Comisión requiere para lograr las bases que le permitan el cumplimiento de los deberes exigidos por la Convención.

Las investigaciones durante el año 1958 han incluído las siguientes actividades:

1. Compilación de las estadísticas corrientes de la pesca total, del volumen y resultados de la pesca y de la abundancia de las poblaciones de peces

El personal de la Comisión mantiene un sistema rutinario de continua recolección, tabulación y análisis de los records de la pesca total de cada especie tropical de atún del Océano Pacífico Oriental, y de los datos e informaciones relacionados con ellos, registrados en una parte grande de las flotas pesqueras, con el propósito de medir el volumen del esfuerzo de pesca y la producción resultante de ambos atún y peces de carnada, por especies, por áreas geográficas y por estaciones de cada año. Este

sistema de recolección y análisis de las estadísticas de pesca constituye la parte central y vital de nuestro trabajo, porque son estos datos los que nos proporcionan las medidas de la abundancia aparente de los stocks de peces que mantienen la pesquería, el volumen de las cosechas y su distribución geográfica y temporal, y el esfuerzo requerido para lograr esa producción. Tales medidas son básicas para el estudio de la dinámica de la población de los stocks de peces, y para mantener a la Comisión y a los Gobiernos Miembros informados sobre las condiciones corrientes de dichos recursos en relación con el correspondiente rendimiento máximo sostenible.

Estadísticas de la pesca total de atún

Los métodos para la recolección de estadísticas de la pesca global han sido descritos en anteriores informes. Las cifras resultantes de la producción total de cada una de las especies de atún pueden tomarse como esencialmente completas, a pesar de que quedan omitidas pequeñas cantidades que se consumen en países fuera de los Estados Unidos, de los cuales no siempre se tienen informes. Por ejemplo, todavía no hemos logrado obtener estadísticas con respecto a las pescas efectuadas por un barco japonés que se sabe trabajó en las aguas frente a Chile y Perú en dicho año. Sin embargo, estas fallas se consideran insignificantes por su pequeñez, y algunas veces pueden ser corregidas posteriormente, cuando se obtienen los informes.

En la Tabla 1 aparecen, desde el año 1940, los totales de los desembarques de cada una de las especies tropicales de atún provenientes de las aguas del Pacífico Oriental, y las cantidades de atún, de dichos desembarques que fueron descargadas en los Estados Unidos o trasbordadas en congelación con destino a este país. Como en los años recientes más del 95 por ciento del total de la pesca ha sido enlatado en los Estados Unidos, estas últimas cifras constituyen un buen índice de la producción total.

En dicha Tabla puede observarse como durante 1958 la producción de atún aleta amarilla fué algo menor que en el año precedente, y en cambio los desembarques de barrilete muestran un aumento sustancial con respecto a 1957. Esto resultó asociado a un aumento en el esfuerzo de pesca, a pesar de una disminución en el tamaño de la flota pesquera, debido a ninguna restricción económica en las actividades durante el año. El descenso del atún aleta amarilla y aumento del barrilete en su aparente abundancia, se deben probablemente, por lo menos en parte, a un cambio en la distribución geográfica del esfuerzo de pesca con dirección a los extremos del radio de la pesquería, durante un año en que se han presentado condiciones oceánicas anormales en todo el Océano Pacífico Oriental. Las temperaturas en todas las zonas de dicho océano estuvieron muy por encima de lo normal durante todo el año 1958 y, como consecuencia de esto, los atunes tropicales fueron pescados, en cantidades co-

TABLA 1. PESCA DE ATUN AMARILLA Y BARRILETE EN EL OCEANO PACIFICO ORIENTAL, 1940-1958.

en millones de libras

Año	Descargados en o trasbordados congelados a los Estados Unidos*				Pesca total, Pacífico Oriental				
	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	Atún aleta amarilla	Barrilete	No identificado por especies	Total	% Atún aleta amarilla
1940	113.9	56.6	....	170.5	114.6	57.6	....	172.2	67
1941	76.7	25.6	....	102.3	76.8	25.8	....	102.6	75
1942	41.5	38.7	....	80.2	42.0	39.0	...	81.0	52
1943	49.3	28.9	....	78.2	50.1	29.4	.. .	79.5	63
1944	63.1	30.0	1.1	94.3	64.1	31.2	1.1	96.4	66
1945	87.3	33.3	....	120.6	89.2	34.0	....	123.2	72
1946	128.4	41.5	....	169.9	129.7	42.5	. .	172.2	75
1947	154.8	52.9	....	207.8	160.1	53.5	....	213.6	75
1948	199.8	60.9	0.2	260.9	200.3	61.5	7.3	269.1	76
1949	191.7	80.6	1.2	273.5	192.5	81.0	9.2	282.7	70
1950	204.7	126.8	....	331.5	224.8	129.3	....	354.1	63
1951	181.8	118.3	3.7	303.9	183.7	121.1	3.7	308.5	60
1952	191.3	89.2	2.8	283.3	192.2	90.8	4.5	287.5	68
1953	138.3	133.6	....	271.9	138.9	133.7	1.6	274.2	51
1954	135.0	172.2	0.1	307.3	138.6	173.7	1.5	313.8	44
1955	135.4	127.1	....	262.5	140.9	128.0	. ..	268.9	52
1956	169.0	148.5	....	317.5	177.0	150.3	....	327.3	54
1957	152.5	126.9	....	279.4	161.9	128.3	1.3	291.5	56
1958	141.9	158.3	....	300.2	(1)				47

* Incluyendo Puerto Rico

(1) Sin completar

merciales, mucho más allá del ecuador que corrientemente, y se encontraron en menor abundancia en la región central. No se han logrado completar todavía las tabulaciones que indican el origen de la catpura y la distribución del esfuerzo de pesca de las flotas de carnada y redera, pero se sabe que la producción del atún aleta amarilla en las áreas frente a México meridional y a Centroamérica, fué bastante baja. La escasez de peces en esta región y las excelentes pescas de barrilete en los dos extremos de la pesquería, promovió la concentración del esfuerzo de la flota de carnada en las dos últimas áreas durante gran parte del año.

Asociadas con cambios en la disponibilidad del atún aleta amarilla que encontró la flota de clípers, hubieron largas concentraciones de esta especie encontradas por la flota redera en el Golfo de California. En contraste, la pesca con redes envolventes en las Islas Revillagigedo, que es normalmente una área productiva, resultó pobre durante 1958.

La flota de barcos de carnada capturó un tonelaje sustancial de atún, principalmente barrilete, entre la isla de Cedros y la frontera México-California durante el último verano y los primeros meses del otoño. En el sur, e indudablemente favorecidos por "El Niño", que se presentó con fuerza en aguas de la costa del Perú, los grandes barcos de carnada hicieron excelente pesca de barrilete frente a las costas central y meridional de ese país. Ambas áreas se encuentran, respectivamente, más allá de los límites norte y sur de la pesquería en un año de condiciones normales.

TABLA 2. PORCENTAJE, POR ESPECIES, DEL ATUN DESCARGADO POR CLIPERS CON BASE EN CALIFORNIA

Año	Atún aleta amarilla	Barrilete
1948	81.9	92.3
1949	86.6	94.1
1950	80.6	89.6
1951	90.8	88.7
1952	82.8	87.2
1953	73.1	90.8
1954	85.9	87.8
1955	77.8	88.8
1956	72.9	95.3
1957	76.5	93.5
1958	66.4	92.5

Como puede verse en la Tabla 2, la mayor parte de la pesca de ambas especies fué de nuevo hecha por la flota de clípers, que descargaron el 66 por ciento del atún aleta amarilla y el 92 por ciento del barrilete pescados por barcos con base en California. Puede notarse también que la proporción de atún aleta amarilla que capturaron los barcos rederos ha sido la más alta registrada en años recientes.

Medida de los cambios en la abundancia del atún

Mantenemos rutinariamente un sistema de registros de bitácoras para la obtención de estadísticas de pesca y de la información que se relaciona con éstas sobre las operaciones de las flotas atuneras. Durante 1958, estas flotas estuvieron formadas por 159 clípers y 44 rederos que operaron activamente desde puertos de los Estados Unidos (con inclusión de Puerto Rico). Los records de los registros de bitácora se obtienen también de cierto número de embarcaciones que operan desde puertos mexicanos y peruanos.

La mayor parte de la pesca la realizan los barcos de carnada, que trabajan en todas las épocas del año y cubren el radio entero de la pesquería, desde Baja California hasta el Perú. La abundancia aparente de cada especie de atún se mide por la pesca por cada día de actividad según es realizada, en promedio, por una gran parte de la flota de clípers. Esta medida puede no ser siempre proporcional a la abundancia real del atún, por las variaciones a corto plazo en la disponibilidad que presentan los peces para su captura, pero tales variaciones arrojan un promedio sobre una serie de años y marcan una tendencia en la abundancia aparente, que es útil para la estimación de la verdadera abundancia.

El promedio de la pesca por cada día de actividad correspondiente a los atunes aleta amarilla y barrilete, es computado para cada una de seis clases de clípers, clasificados por su tamaño o capacidad, por lo que

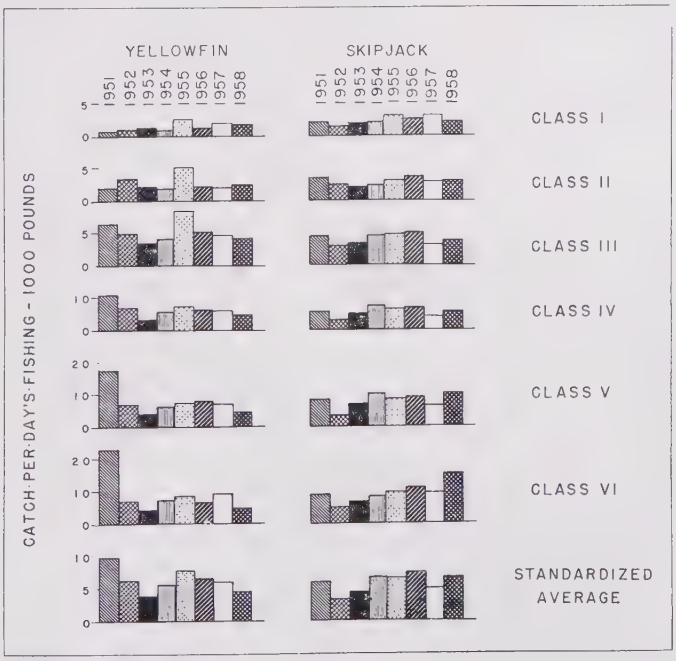

FIGURA 1. Pesca por día de actividad, por especies y clase de tamaño de las embarcaciones, realizada por clípers durante 1951-1958.

son llamadas "clases-tamaños". Estas cifras son combinadas y expresadas en términos de una clase-tamaño 4 estándar (que comprende los barcos de 201 a 300 toneladas de capacidad); se emplean para estos cálculos los factores de eficiencia relativa para cada clase-tamaño, y así se obtiene una sola estimación de la abundancia aparente. Las estimaciones para cada especie correspondiente a los años 1951 a 1958 se encuentran en la Figura 1.

En esta figura se puede observar que, en cuanto al atún aleta amarilla, la abundancia aparente encontrada por las tres clases-tamaño más pequeñas, que pescan solamente en la parte septentrional del radio de la pesquería, no se diferenció mucho de la encontrada el año anterior. Sin embargo, se nota un marcado descenso en la abundancia aparente, hacia el más bajo nivel registrado desde 1953, para las tres clases-tamaño mayores. Se cree que esto es debido a la decreciente disponibilidad presentada por el atún en las aguas entre México meridional y el Perú, en donde operan los pesqueros más grandes. Al extremo sur de la pesquería, frente al Perú, se encontró gran abundancia de barrilete y poca de atún aleta amarilla. Como consecuencia de estos cambios en la disponibilidad, la abundancia aparente del atún aleta amarilla muestra una marcada desviación negativa del promedio a largo plazo, para el presente nivel del esfuerzo de pesca.

La abundancia aparente del barrilete durante 1958 estuvo muy por encima de las cifras de 1957 para todas las clases-tamaño, excepto para la clase 1, y el promedio estandarizado para 1958 estuvo muy por encima del valor medio a largo plazo. Las desacostumbradas altas temperaturas de las aguas oceánicas en todo el Pacífico Oriental Tropical durante 1958, coincidieron con la concentración de cardúmenes de barrilete en los extremos norte y sur de la región pesquera.

Estadísticas sobre carnada correspondientes a 1958

La mayor parte de las pescas de atún aleta amarilla y barrilete en el Pacífico Oriental son hechas por barcos que emplean carnada viva. Se obtuvieron records cuidadosos de las cantidades de cada clase de carnada pescada y de las localidades en que se capturó; estos records cubren aproximadamente el 95 por ciento de la totalidad de los viajes realizados durante 1958, por los barcos con base en los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico.

La cantidad de peces-cebo capturada en los pocos viajes de los cuales no obtenemos records, se estima al suponer que la proporción entre el volumen de cada clase de carnada que se emplea para la pesca, y el volumen de atún pescado en tales viajes, es la misma que se registra en los barcos de los que obtenemos datos completos.

Las cantidades estimadas de cada clase de carnada que se pescó en 1958 aparecen en la Tabla 3, lo mismo que las cifras correspondientes a

TABLA 3. CANTIDADES ESTIMADAS Y PORCENTAJES DE CADA CLASE DE PECES-CARNADA CAPTURADOS POR CLIPERS** DE 1953 A 1958.

	1953		1954		1955		1956		1957		1958	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Anchoveta *(Centengraulis mysticetus)*	1618	37.2	1820	46.3	1321	51.0	1667	45.6	2070	55.8	1515	34.0
Sardina de California *(Sardinops caerulea)*	413	9.5	203	5.2	541	20.9	362	9.9	290	7.8	601	13.5
Sardina sureña *(Sardinops saqax)*[1]	1145	26.3	590	15.0	247	9.6	152	4.2	38	1.0	141	3.2
Anchoa norteña *(Engraulis mordax)*	814	18.7	604	15.4	159	6.2	594	16.2	547	14.8	736	16.5
Anchoa sureña *(Engraulis ringens)*	36	0.8	553	14.1	214	8.3	355	9.7	410	11.1	1169	26.3
Sardina de California y anchoa norteña mezcladas y no identificadas separadamente	168	3.9	65	1.7	9	0.4	38	1.0	30	0.8	57	1.3
Arenque *(Opisthonema, Harengula)*	88	2.0	49	1.2	49	1.9	363	10.1	193	5.2	102	2.3
Salinia *(Xenocys jessiae)*	31	0.7	23	0.6	21	0.8	27	0.7	17	0.5	16	0.4
Misceláneos y no identificados	36	0.3	20	0.5	25	0.9	95	2.6	112	3.0	110	2.5
Totales	4349		3927		2568		3653		3707		4447	

*En miles de scoops.

**Barcos con base en los puertos de la Costa Oeste de los Estados Unidos durante los años 1953-1955, y el período 1956-1958 incluye los barcos con base en Puerto Rico.

[1]Mencionada en informes anteriores como "sardina de las Galápagos"

los años 1953-1957. En la Figura 2 se representa gráficamente la pesca de carnada por especies y para cada año desde 1946. El nombre común "sardina de las Galápagos", usado en anteriores informes anuales ha sido cambiado por el de "sardina sureña" porque esta especie *(Sardinops sagax)*, importante como carnada en las Islas Galápagos, ha sido también pescada en apreciables cantidades durante 1958, a lo largo de la costa del Perú. Aún cuando estas estadísticas no incluyen la carnada que pescan los barcos con base en Latinoamérica, ni la que obtienen unas pocas embarcaciones pequeñas con base en California, las cuales se dedican estacionalmente a la industria, sin embargo, representan casi toda la carnada que se emplea en la pesquería del atún tropical.

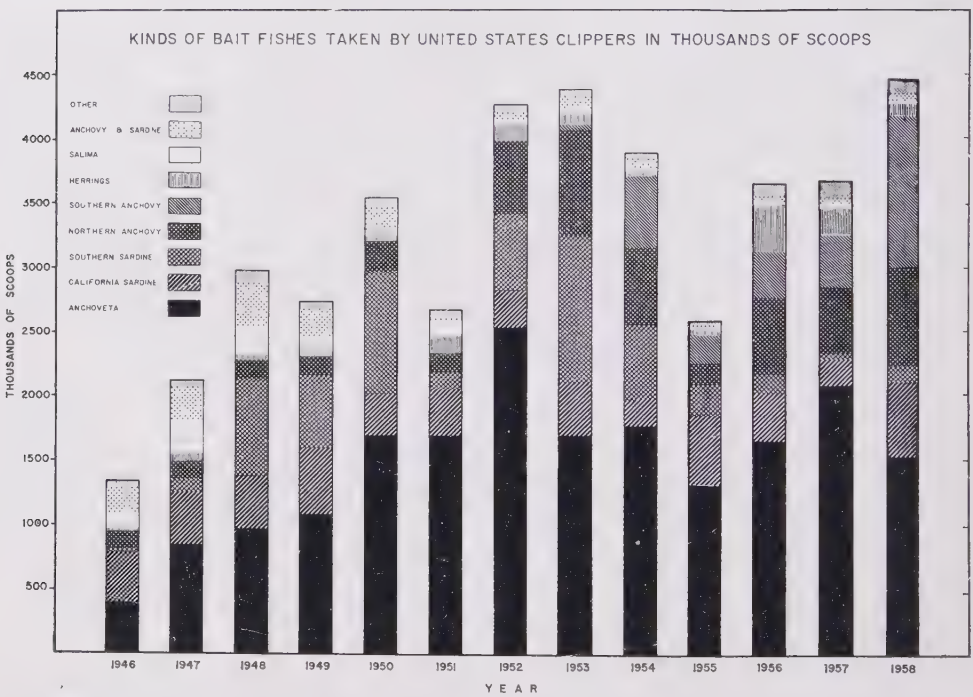

FIGURA 2. Pesca total estimada de peces de carnada realizada por barcos atuneros de los Estados Unidos, por clases, 1946-1958.

Se capturó algo más de carnada en 1958 que en 1957, sobre todo como resultado del ligero aumento del esfuerzo de pesca en 1958. La producción en 1958 fué de 4,447,000 de scoops, en comparación con 3,707,000 en 1957. Durante el año, una gran parte del esfuerzo de pesca de los barcos de carnada se concentró en los dos extremos del radio de la pesquería: al norte, frente a Baja California y a la California meridional; y al sur, en aguas frente al Ecuador y Perú. Esta concentración produjo un apreciable aumento en el uso de las especies de carnada de aguas más templadas. En 1958, la anchoa nórdica, la anchoa sureña, la sardina de California y la sardina sureña constituyeron el 60.8 por ciento del total

de la pesca de carnada. El porcentaje fué solamente de un 35.5 en 1957. El empleo de peces-cebo de aguas más templadas, fué acompañado de una merma en la utilización de la anchoveta tropical, singularizada como la más importante de las especies de carnada; la merma fué tanto numéricamente como en el porcentaje usado. En 1958, la anchoveta pescada alcanzó solamente un 34.0 por ciento de la pesca, comparada con el 55.8 por ciento que se registró en 1957.

Solamente 14,600 scoops de sardina sureña fueron capturados en las Islas Galápagos durante 1958. Esta es la cantidad menor pescada desde 1946. Este descenso se debió principalmente a la disminución del esfuerzo de pesca cerca de estas islas. Por primera vez en la historia de la pesquería, fueron capturadas cantidades apreciables de sardina sureña en aguas frente al Perú (118,700 scoops). En los años anteriores, las muy pequeñas cantidades que se capturaron fueron incluídas en la categoría de "misceláneos".

2. Condiciones actuales de las poblaciones de atún

La investigación basada en las series anuales de datos históricos sobre el esfuerzo de pesca, la aparente abundancia y las cosechas totales, nos capacita para determinar el efecto de la pesca en cada una de las especies de atún que estudiamos, y para estimar la relación entre el nivel que en la actualidad presenta el esfuerzo de pesca y el nivel que corresponde al promedio máximo de rendimiento sostenible. Los métodos em-

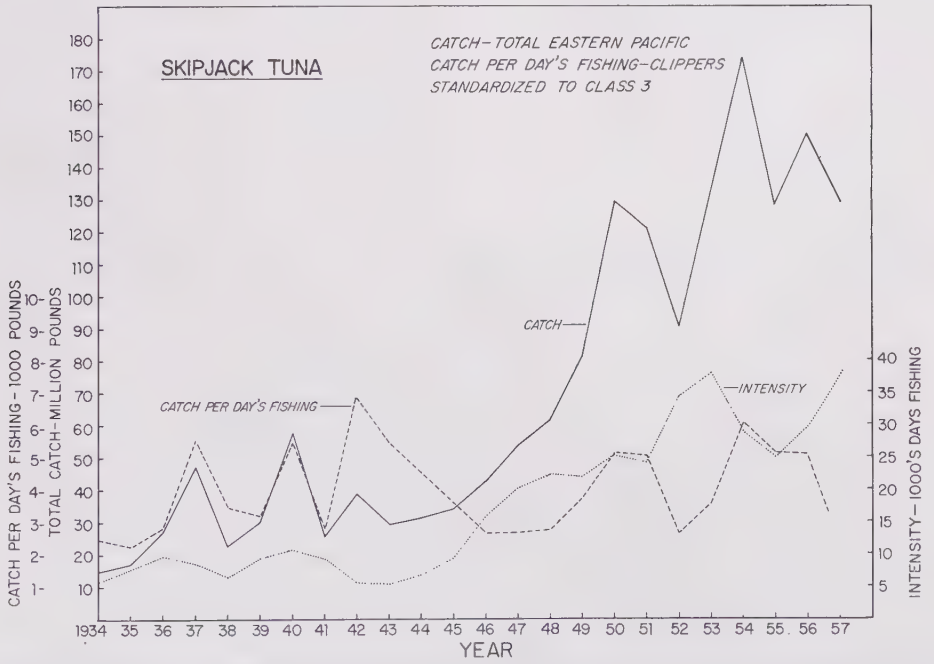
SKIPJACK TUNA
CATCH–TOTAL EASTERN PACIFIC
CATCH PER DAY'S FISHING–CLIPPERS
STANDARDIZED TO CLASS 3
CATCH
CATCH PER DAY'S FISHING
INTENSITY
CATCH PER DAY'S FISHING - 1000 POUNDS
TOTAL CATCH - MILLION POUNDS
INTENSITY – 1000'S DAYS FISHING
YEAR
1934 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57

FIGURA 3. Pesca total, pesca estandarizada por día de actividad y cálculo de intensidad relativa de la pesca de barrilete en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1957.

pleados en esta investigación han sido descritos detalladamente en anteriores informes anuales y en monografías técnicas incluídas en nuestra serie de Boletines. La compilación ininterrumpida de datos comparativos nos coloca en buena posición para vigilar el curso corriente de la pesquería.

En la Figura 3 aparecen las series de los datos históricos del índice de esfuerzo, la abundancia y la pesca total del barrilete hasta 1957 inclusive. Es de notar que en 1957 hubo una merma bien marcada en la abundancia promedio de esta especie, hasta llegar debajo del promedio a largo plazo. A pesar de que los datos correspondientes a 1958 no han sido completados, parece, por los que se tienen a mano, que habrá un notorio aumento, tanto en la abundancia como en la producción total, con algún aumento en la intensidad de la pesca. Es evidente que, aún cuando se registran fluctuaciones bastante grandes en la abundancia de esta especie de un año a otro, no se observa que haya una correlación entre esas fluctuaciones y los cambios en el volumen del esfuerzo de pesca y, en consecuencia, si la pesca produce algunos efectos en la abundancia de esta especie, a los niveles del esfuerzo de pesca hasta ahora alcanzados, son de tal insignificancia que no podemos apreciarlos. De ello se desprende que esta especie está capacitada para soportar un promedio mucho mayor en el volumen de pesca anual del que actualmente se consigue.

En la Figura 4 aparecen datos similares para el atún aleta amarilla, hasta el año 1957 inclusive, pero están presentados en una forma algo diferente. En esta gráfica el esfuerzo de pesca se indica en el eje hori-

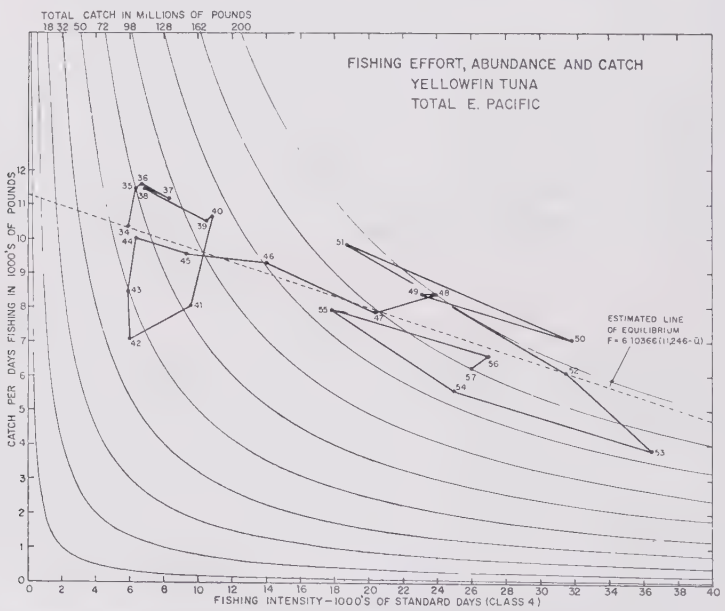
TOTAL CATCH IN MILLIONS OF POUNDS
18 32 50 72 98 128 162 200
FISHING EFFORT, ABUNDANCE AND CATCH
YELLOWFIN TUNA
TOTAL E. PACIFIC
CATCH PER DAYS FISHING IN 1000'S OF POUNDS
ESTIMATED LINE OF EQUILIBRIUM
F = 6.10366(11.246-Q)
FISHING INTENSITY—1000'S OF STANDARD DAYS (CLASS 4)

FIGURA 4. Relación entre la intensidad de la pesca, la abundancia y la pesca total de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico Oriental, 1934-1957.

zontal, la abundancia en el eje vertical, y la pesca total, que es el producto de estas dos variables, está indicada por las hipérbolas equilaterales. Los valores observados en los años 1934 a 1957 inclusive, se representan con los puntos conectados por la línea ininterrumpida. La línea a rayas, que se denomina "línea de equilibrio", representa la relación promedio que se estima existe entre el esfuerzo de pesca, la abundancia y el rendimiento, cuando la proporción de la pesca está en equilibrio con la proporción de la reposición natural de la población; ello indica que nuestra estimación del promedio a largo plazo de la abundancia y de la producción, corresponde a los diferentes valores de la intensidad de la pesca. Esta figura demuestra que la intensidad de la pesca, la abundancia y la producción total declinaron ligeramente de 1956 a 1957. En el año 1958, aunque los datos no se han completado todavía, parece que hay algún aumento en el esfuerzo de pesca (hasta sobrepasar la cifra de 1956), una merma más pronunciada en la abundancia, y un ligero descenso en la producción global. El punto caerá ciertamente por debajo del valor esperado, debido, como se dijo anteriormente al expresar nuestra opinión, a la baja disponibilidad presentada a la pesca por esta especie, como consecuencia de las anormales condiciones oceanográficas. La situación a este respecto no guarda disimilitud a la anterior presentación de "El Niño", notable en el año 1953. La intensidad corriente de la pesca se mantiene por debajo de la cifra de 35,000 días estándar, que ha sido estimada la más cercana al nivel correspondiente a la producción máxima sostenible.

Como se hizo notar en anteriores informes anuales, es deseable el estudio de las relaciones del esfuerzo de pesca, la abundancia y la producción, no sólo con respecto al total de los miembros de cada una de las especies de atún del Pacífico Oriental, sino también separadamente con respecto a cuantas subpoblaciones individuales puedan existir. A pesar del muy intenso trabajo sobre los problemas concernientes a la estructura de la población y a las migraciones, todavía no hemos logrado identificar claramente las subpoblaciones de cualesquiera de las especies de atún existentes dentro del Pacífico Oriental y consecuentemente no hemos podido, tampoco, proceder a este más refinado análisis de las estadísticas de pesca.

3. Poder potencial de pesca de las flotas atuneras

En cada año, desde 1932, hemos estimado el poder potencial anual de las flotas de clípers y barcos rederos que operan desde los puertos de los Estados Unidos, incluyendo Puerto Rico. Este índice, expresado en cifras equivalentes a los clípers de la clase 4, se obtiene al multiplicar el número de los barcos activos en cada clase-tamaño, por sus correspondientes factores de eficiencia, y al sumar entre sí estos valores para obtener el número estándar de embarcaciones en cada flota (clípers atuneros y barcos rederos). El número de barcos rederos estándar convertido luego a las cifras equivalentes de los clípers estándar, por una proporción de

efectividad (eficiencia relativa de pesca x el tanto relativo de la operación) y sumado al número de barcos de carnada estándar para obtener el índice del poder potencial de pesca en el año.

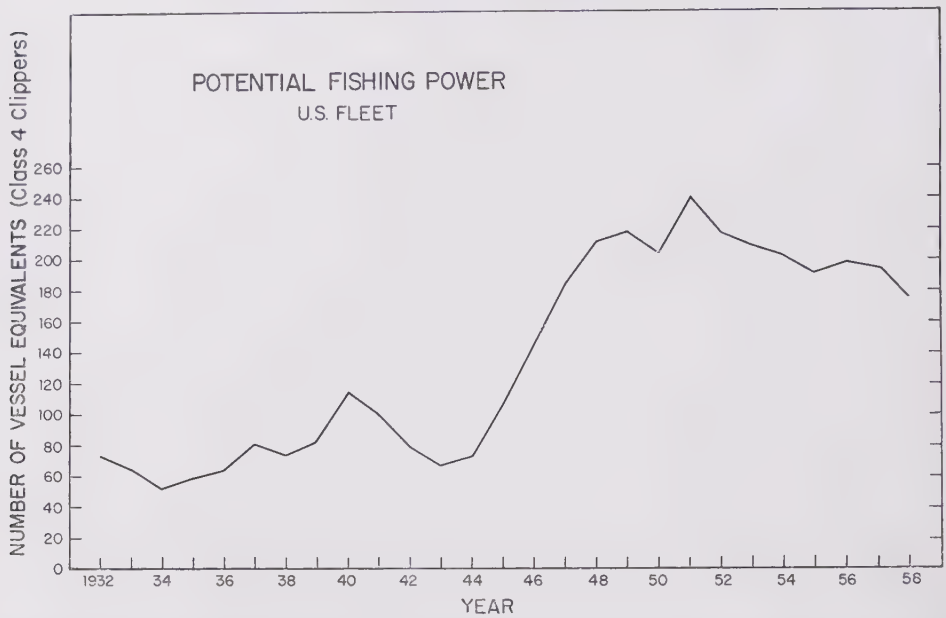

FIGURA 5. Fuerza potencial de pesca de los barcos atuneros con base en puertos de los Estados Unidos (incluyendo Puerto Rico).

Durante 1958, este índice del poder potencial de pesca declinó hasta 174; como puede verse en la Figura 5, éste es el valor más bajo registrado en los últimos 12 años. La pérdida de barcos continúa mermando la flota por hundimiento o por paralización de las embarcaciones más viejas, de modo que considerando la proporción corriente en que las naves son reemplazadas, o sea, a razón de dos o tres barcos por año, es improbable que el esfuerzo de pesca pueda alcanzar, en un futuro próximo, el nivel que corresponda a la pesca máxima de equilibrio en la totalidad de los stocks de atún aleta amarilla del Pacífico Oriental.

La pesca por cada día de actividad realizada por los barcos rederos durante los tres últimos años, hace pensar que la respectiva flota puede estar en camino ascendente en lo que respecta a la eficiencia en general para la pesca de atún. Durante el año venidero, al menos tres rederos de la clase 4 y uno de la clase 5 (todos barcos de carnada convertidos) se espera que entren en la pesquería. Puede que sea necesario reconsiderar el valor del esfuerzo potencial de la pesca con redes, en nuestro índice combinado de la capacidad de pesca de las flotas.

4. Otros estudios de las estadísticas de la pesca de atún.

Nosotros compilamos y cartografiamos también, en forma rutinaria, el esfuerzo, la pesca total y la pesca por unidad de esfuerzo resultante,

mediante el empleo de cuadrados de un grado y por trimestres; para ello utilizamos los datos que encontramos en los registros de bitácora de los barcos de carnada y rederos. Estas tablas y mapas nos proporcionan un cuadro permanente de los cambios en la distribución del atún y en el esfuerzo de los pescadores atuneros, lo cual es fundamental para comprender los cambios en la pesquería debido a variaciones en el ambiente oceánico, tales como los registrados en 1953 y en el período 1957-58. Estas tabulaciones de los datos de las estadísticas de pesca, por estratos de área y de corto plazo, son también de importancia básica para varias de nuestras líneas de investigación sobre la biología y ecología del atún a que hemos de referirnos más adelante en este informe.

Hemos efectuado un estudio detallado de los informes obtenidos de los registros de bitácora con respecto al atún aleta amarilla, de los años 1951 a 1956 inclusive, para comparar la pesca por unidad de esfuerzo y por unidad de área de la superficie marina, compensada por área, con el índice de abundancia ordinariamente empleado, el cual no está compensado de tal manera. El índice no-compensado de abundancia, o densidad, es simplemente la pesca total durante un período de tiempo (un trimestre o un año) dividido por el esfuerzo total. El índice compensado de abundancia, o densidad, se basa en la computación de la "pesca por unidad de esfuerzo", por cada cuadrado de un grado que se explota, durante el período de un trimestre; estos valores se promedian luego entre todos los cuadrados para un trimestre, a fin de estimar la abundancia media del

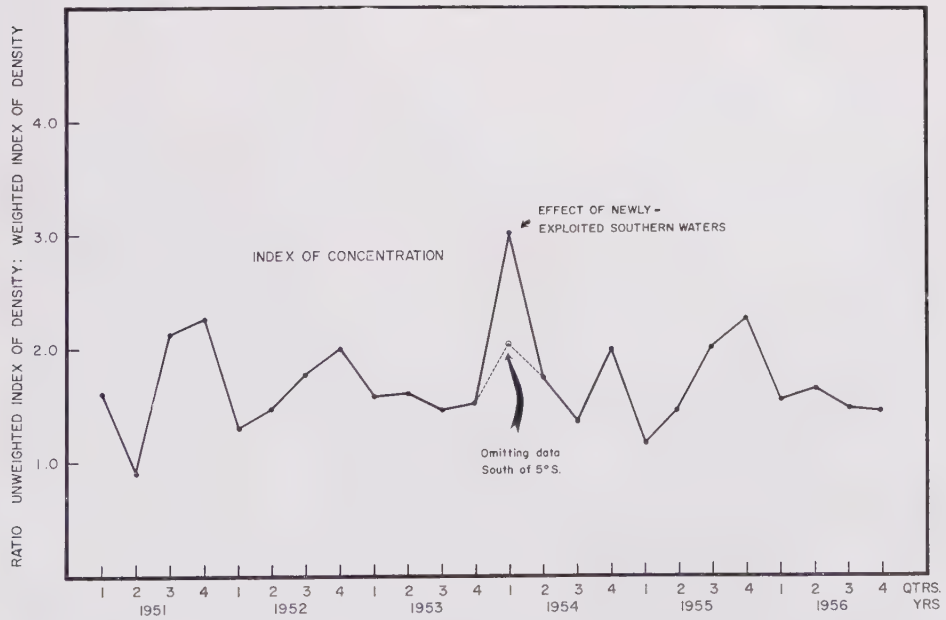

FIGURA 6. Valores trimestrales del índice de concentración en los años 1951-1956. (El círculo abierto, que corresponde al primer trimestre del año 1954, indica el valor del índice cuando se omiten las aguas al sur de los 5° S., recién explotadas en aquel tiempo).

atún en dicho trimestre; y las cuatro cifras trimestrales resultantes son también promediadas para estimar la abundancia media en el año.

La proporción entre el índice de la abundancia no-compensado y el índice de la abundancia compensado proporciona una medida relativa del grado de éxito alcanzado en las operaciones de los pescadores en las más grandes concentraciones de atún. Este "índice de concentración", como puede verse en la Figura 6, sugiere alguna variación de un trimestre a otro; pero con la excepción de unos pocos casos, no se aparta mucho del valor medio de 1.7. Las variaciones en este índice de concentración nos dan una medida de un elemento de la "disponibilidad".

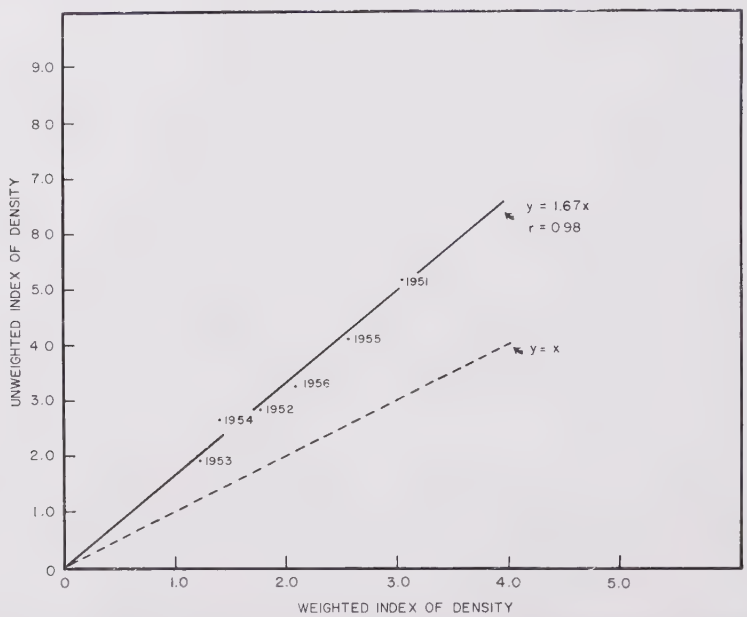

FIGURA 7. Gráfica del índice de abundancia no ponderado contra el índice de abundancia ponderado (densidad), por años, 1951-1956.

Cuando se computa el índice de abundancia compensado de atún aleta amarilla en todo el año (al promediar las cuatro cifras trimestrales) se nota que mantiene una marcada correspondencia con el índice anual no-compensado, por lo menos durante los seis años estudiados. En la Figura 7 puede verse que cuando un índice se ha graficado comparativamente con el otro, los puntos quedan muy cerca de la línea de regresión $y=1.67\ X$, siendo el coeficiente de correlación de 0.98. (En la gráfica aparece también, con propósitos de comparación, la nínea $y=X$, a lo largo de la cual podría esperarse que cayeran los puntos, si los pescadores pescaran al azar). De este análisis, parece que por lo menos hasta donde concierne al promedio de los valores anuales, el índice anual de abundancia no-compensado, que hemos empleado rutinariamente (Figura 4) es tan satisfactorio como el índice de abundancia compensado, cuya computación es mucho más compleja.

En un futuro próximo será publicado un *Boletín* que trata sobre estos índices y sus derivaciones en detalle. Se ha comenzado también un estudio similar con respecto al barrilete.

5. Investigación sobre la estructura de la población, los movimientos migratorios y las estadísticas vitales del atún

La unidad biológica, básica, desde el punto de vista de la dinámica de la pesquería de cada una de las especies de atún, es la subpoblación. La subpoblación está constituída por un grupo homogéneo de peces que se multiplican y se mezclan libremente entre sí, y que no alternan del todo o sólo en un grado muy limitado con los miembros de otras subpoblaciones. En consecuencia, es muy importante, tanto como una base para llegar a un completo análisis de los efectos de la pesca sobre los stocks, como para tener un fundamento para la preparación de eficientes medidas de administración de la pesca, determinar la estructura de la población de las especies de atún y los límites geográficos de los mayores grupos de subpoblaciones. Al mismo tiempo, necesitamos estimar las estadísticas vitales de las poblaciones de atún (proporciones del crecimiento, de la mortalidad y del reclutamiento por reproducción) para efectuar varias clases de análisis sobre la dinámica de dichas poblaciones.

Diversas líneas de investigación abordan directamente estos problemas, incluyendo los estudios morfométricos, la marcación de especímenes, el análisis de la composición de tamaños de los desembarques comerciales y los estudios genéticos.

Composición de tamaños de la pesca comercial

Miembros del personal científico han continuado la recolección de muestras de las frecuencias de longitud entre los pescados que se descargan en San Diego, en San Pedro y en los puertos peruanos del norte. Este programa se comenzó en 1954 para obtener estimaciones, cada mes, de la composición de tamaños de la pesca por subáreas geográficas *(Ver Boletín No. 5, Vol. II)*.

Además del muestreo corriente, también hemos comenzado a investigar la posibilidad de utilizar los reportes de cocimiento en las plantas enlatadoras, para obtener datos en la composición de tamaños de la pesca en los años anteriores a 1954. Estos records se llevan para cada barco, por ciertas categorías de tamaño, con indicación de los pescados sometidos a proceso. La investigación indica que son obtenibles esos records en años anteriores a 1958. Se han comenzado la recolección y la tabulación, pero la utilidad de los datos depende de la eficiencia con que puedan relacionarse con clases de tamaño más específicas. Un estudio sobre esto ha sido iniciado, pero no se ha llegado a resultados prácticos por el momento.

Precisamente este año, gracias a la terminación de las tabulaciones básicas de las muestras de 1957, que consideramos tan necesarias, hemos

acumulado una cantidad de datos sobre "medidas en los mercados", que se considera suficiente como para comenzar un análisis en gran escala. Los esfuerzos han sido concentrados principalmente en la determinación de la estructura de las clases anuales para las estimaciones de la edad y el crecimiento, y en el cálculo de la relativa abundancia aparente de las clases de tamaños comerciales del atún aleta amarilla. Los estudios sobre el barrilete se realizan en un segundo plano. El análisis se efectúa independientemente en cada área de muestreo, y la comparación de la composición de tamaños entre las áreas, nos permite alguna penetración dentro de la estructura de las poblaciones.

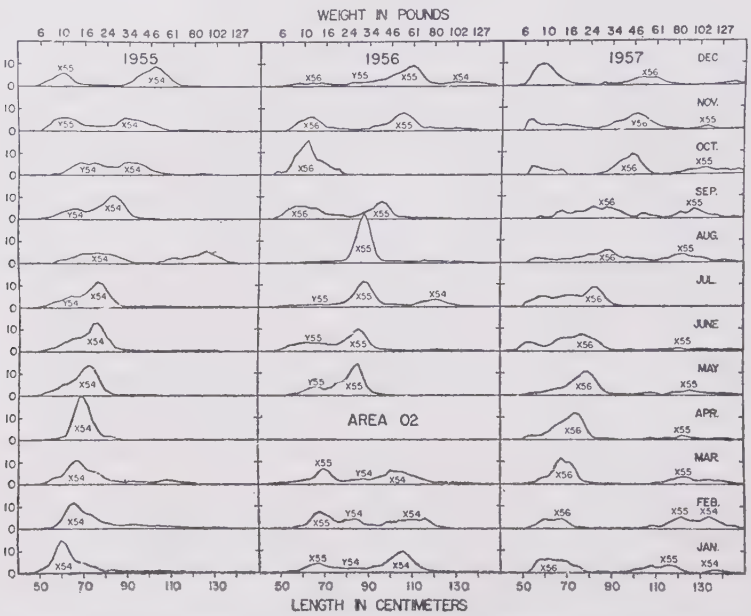

FIGURA 8. Composición de tamaños del atún aleta amarilla procedente del Area 02 (Islas Revilla Gigedo), descargado durante 1955-1957, con indicación del crecimiento de las clases anuales y la aparición de dos clases de edades en algunos años.

En la suposición de que los grupos de tamaños que reflejan las frecuencias de longitud graficadas, representan grupos de edades, en la mayoría de los casos hemos estado en capacidad de identificar y de mantener nuestra atención sobre determinadas clases anuales a través de la pesquería. Este procedimiento tiene su ilustración gráfica en la Figura 8 con respecto al Area 02 (Islas Revillagigedo) y a los años 1955-57. Los modos han sido identificados de acuerdo con el año de la entrada de cada grupo en la pesquería. En esa Figura puede verse como una clase anual (X) regularmente entra en la pesquería, en la indicada área, a un tamaño alrededor de 50 cm., en el verano de cada año, y se la puede ir observando en los meses siguientes hasta durante dos años más. El análisis es algo complicado, sin embargo, por la presentación esporádica de un segundo modo que comienza en una época diferente del año; éste ha

sido identificado como la serie Y en la Figura 8. Ambos grupos se presentan también en las Areas 01, 03, y 04 y en éstas la serie X constituye también el principal componente. (Todas estas áreas de muestreo quedan al norte del Golfo de Tehuantepec; un mapa de las áreas de muestreo puede encontrarse en el Informe Anual correspondiente al año 1955, ver Figura 7). Hay indicación de alguna regularidad en la presentación de esos modos; los grupos Y entran a la pesquería generalmente a fin de año con el mismo tamaño inicial; hasta donde pueden ser controlados, siguen en la progresión de su longitud modal a un ritmo similar al que presenta la serie X. El origen de estas dos series de clases de edad es aún desconocido.

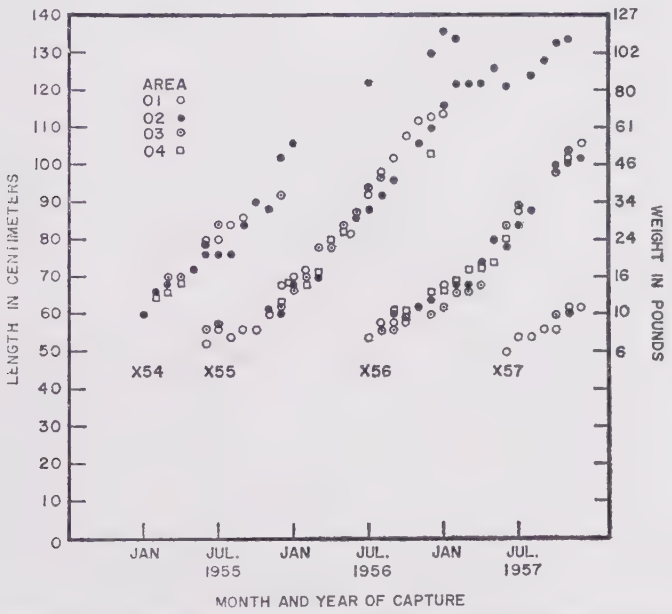

FIGURA 9. Crecimiento del atún aleta amarilla en la región al norte del Golfo de Tehuantepec (Areas 01-04), según la progresión temporal de las clases de tamaño.

Las curvas correspondientes al crecimiento se han dibujado al graficar las longitudes modales que en cada mes presenta cada clase anual de la serie X, en razón del mes y el año de la captura (Figura 9). El crecimiento es rápido: el nuevo grupo de edad reclutado que entra en la pesquería a medio año, con un tamaño de alrededor de 50 cm. (probablemente con bias hacia arriba, debido a la selección de equipo) y alcanza longitudes modales en los veranos siguientes entre 85 y 125 cm., más o menos. Parece que hay alguna variación en el crecimiento entre clases anuales; el crecimiento de la clase X55 fué particularmente rápido durante 1956.

Aún cuando la determinación directa de la edad, por el examen de las partes duras, no ha sido intentado por nosotros, ya que el éxito de este

sistema parece dudoso a juzgar por las fallas con que han tropezado otros investigadores, podemos, sin embargo, hacer algunas inferencias en lo concerniente a la edad, mediante el empleo de datos sobre la época del desove, bajo la suposición de que el mayor aumento en la longitud se opera durante el primer año de vida. La edad del principal grupo entrante, en la serie X (en agosto, con unos 55 cm. de longitud) se estima ser de un año. La pesquería de atún aleta amarilla se encuentra, en consecuencia, mantenida actualmente y en forma predominante por dos grupos de edades de peces en su segundo y tercer años de vida.

La variación en el crecimiento entre estas cuatro áreas septentrionales (de Baja California al Golfo de Tehuantepec) es insignificante, ya que de hecho se observan más variaciones entre las clases anuales dentro de cada área. Esta similitud sugiere vigorosamente la existencia de un origen común para esta serie de clases anuales en las cuatro áreas.

También se ha continuado un análisis similar de los datos sobre composición de tamaños, tomados de las Areas 05, 06 y 07 (América Central, Perú y Galápagos), pero no ha rendido todavía resultados que den la necesaria claridad. Los datos de estas áreas son menos continuos en tiempo y no contienen lo referente a grupos de tamaños dominantes que puedan ser controlados a través de la pesquería por períodos de tiempo suficientes como para proporcionar una interpretación no ambigua. En el Area 05, particularmente, aparecen reclutados dos grupos de tamaños, en cada año, casi igualmente abundantes, que entran a la pesquería con aproximadamente seis meses de diferencia. Este fenómeno puede ser causado por dos períodos de máximo desove (o supervivencia) cada año, y estar relacionado con el segundo componente de tamaño que se presenta en las áreas septentrionales, en donde sólo se indica un único período anual de máximo desove. En alguna proporción, la composición de tamaños de estas áreas centrales y meridionales parece diferir en diversos aspectos de la de las áreas del norte, pero no han sido formuladas todavía con precisión esas diferencias.

Continuamos el cálculo de la relativa abundancia aparente del atún aleta amarilla, en términos de cantidades de peces por categorías de tamaño. Los datos trimestrales sobre la pesca por cada día estándar de actividad y el peso medio por pez han sido combinados actualmente hasta 1957, por áreas de muestreo, para obtener un índice adecuado de abundancia que sirva a este propósito. Estos datos nos proporcionarán un medio para determinar las variaciones en la fuerza de las clases de edad y, por ende, del reclutamiento. Las estimaciones de la mortalidad también se están haciendo a base de estos datos. Los cálculos a que nos referimos no han sido completados para todas las áreas y, por supuesto, se requiere una serie cronológica de datos mucho mayor, antes de llegar a resultados firmes. Sin embargo, los trabajos preliminares han revelado que, en tanto que la proporción del crecimiento es similar entre las Areas

01 y 04, las diferencias en la relativa abundancia de las diversas clases de tamaño de los peces son aparentes. El Area 02, particularmente, parece contener grupos de tamaños mayores de peces en mayor abundancia que en las áreas adyacentes.

Las estimaciones preliminares de mortalidad total anual indican valores promedio de 85 a 90 por ciento.

Durante el año hemos recolectado y tabulado datos similares de la composición de tamaños del barrilete. Sin embargo, los estudios sobre la composición de tamaños de esta especie han sido mantenidos en suspenso, pendientes de un mayor avance de los estudios sobre el atún aleta amarilla, que se han requerido con mayor urgencia. El trabajo que se ha hecho indica que el barrilete entra en la pesquería con un tamaño de 45 a 50 centímetros, y tiene probablemente, dos años de edad por lo menos. La pesquería, en general, opera en uno, o cuando más en dos grupos de edades. El grupo mayor tiene un tamaño modal de 60 a 70 centímetros, y casi no se encuentran en la pesca grupos de pescados mayores de 70 centímetros de longitud modal. Las diferencias en la composición de tamaños entre áreas parecen ser más definitivas para esta especie que para el barrilete.

Marcación de atún y recobro

El camino más directo para estudiar los movimientos migratorios del atún de tamaños comerciales y de elucidar por este medio la distribución geográfica de las posibles subpoblaciones, es el de marcar especímenes para dejarlos libres en el agua y controlar su recobro. La información que se obtiene con el recobro de ejemplares marcados es también útil como medio adicional e independiente para estudiar las proporciones del crecimiento, y puede también proveer estimaciones de los porcentajes de la mortalidad total y, bajo circunstancias favorables, de los porcentajes de la mortalidad ocasionada por la pesca. Una investigación por este medio fué comenzada en diciembre de 1955. Durante 1958 hemos continuado este trabajo, y hemos intensificado especialmente nuestros esfuerzos en el sentido de liberar grandes cantidades de peces marcados en todo el radio de la pesquería, con la ayuda de una estación regional en Manta, Ecuador, y con el alquiler, para fines experimentales, de un clíper atunero en donde efectuar marcaciones de atún en áreas seleccionadas.

Durante los dos primeros años del programa, nuestro esfuerzo se concentró especialmente en el desarrollo y mejoramiento del material y de los sistemas de marcación. En nuestro Informe Anual correspondiente a 1957 nos referimos ampliamente a estos métodos y a sus modificaciones.

Durante 1958, la marca que se usó rutinariamente consiste en una gaza o lazo de vinil plástico amarillo reforzado con nylón, el cual se inserta en la musculatura posterior a la segunda aleta dorsal y se asegura

TABLA 4. MARCACION DE ATUNES CON MARCAS TIPO GAZA,[1] DE PLASTICA, AL 31 DICIEMBRE DE 1958

Crucero número	Embarcación	Fecha en que terminó el viaje	Area en que se pescó	Número de peces marcados		Número de peces recobrados al 31/12/1958	
				Atún aleta amarilla	Barrilete	Atún aleta amarilla	Barrilete
DESDE SAN DIEGO							
Marcados durante 1955-57			Totales	4494	8107	262	182
Marcados durante 1958							
15	West Point	1/21/58	América Central, costa alta; Ecuador, Perú y Chile	28	1	1	—
17	Coimbra	2/ 4/58	América Central, costa alta y costa baja; Ecuador, Perú y Chile	266 (121 atún aleta azul)	123	9 (8 peces recobrados)	2
18	Columbia (P.S.)	2/ 4/58	Baja, California, Isla Guadalupe				
19	Mary Lou	5/31/58	América Central, costa baja; Ecuador y Perú	390	325	1	2
20	Constitution	6/ 6/58	América Central, costa baja; Ecuador y Perú	442	1100	—	23
21	Jo Linda	6/ 9/58	Baja California, Islas Revillagigedo	236	409	45	24
22	South Coast	8/ 9/58	Baja California	391	1090	53	20
23	N. American	8/27/58	Baja California	1828	7602	25	44
24	Elsinore	12/10/58	Perú, Golfo de Guayaquil y Perú meridional	134	1187	—	1
			Total — 1958	3715	11,837	134	116
DESDE PAITA Y MANCORA, PERU							
Marcados durante 1956-1957			Totales	1803	7991	101	174
Marcados durante 1958							
1er. trimestre			Perú-Ecuador	433	930	4	17
2do. trimestre			Perú-Ecuador	323	2659	16	48
3er. trimestre			Perú-Ecuador	272	744	13	24
4to. trimestre			Perú-Ecuador	206	926	—	2
			Total — 1958	1234	5259	33	91
DESDE MANTA, ECUADOR							
Marcados durante Nov.Dic. 1958			20′ — 30′ NO. Manta	17	145	—	—
			Gran Total	11,263	33,339	530	563

[1]El crucero No. 23, realizado en una embarcación alquilada, incluye 237 atunes aleta amarilla y 751 barriletes marcados con marcas tipo dardo; el número de peces recobrados incluye un atún aleta amarilla y 4 barriletes marcados con este tipo de marca.

con una grapa de monel. Las pruebas de un engrapador automático para fijar el material plástico han indicado que la velocidad ganada en la marcación por este método, significa un mejoramiento valioso, y por ello la mayoría de las marcas han sido insertadas con este sistema durante 1958. Además de las marcas de gaza, se han aplicado en 237 atunes aleta amarilla y en 751 barriletes, marcas amarillas con dardos, hechas de material plástico, parecidas a las empleadas en el barrilete por los científicos de las "Investigaciones de la Pesquería del Océano Pacífico", en el Pacífico Central.

Liberaciones de peces marcados

La Tabla 4 contiene un resumen de 44,834 liberaciones hechas desde que se comenzó el programa de marcación en diciembre de 1955, y también da las cantidades de peces recobrados hasta el 31 de diciembre de 1958. La mayoría de los viajes realizados durante el pasado año se hicieron a bordo de clípers con base en San Diego. Además, el personal de la Comisión, en clípers con base en Paita y Chimbote, en el Perú, marcó y liberó peces y, además, hacia fines del año, hizo otro tanto un científico de la Comisión con su asistente, al operar en barcos que salen de Manta, Ecuador. Una gran parte del total de las liberaciones correspondientes al año de nuestro informe fué realizada durante el viaje experimental (Expedición No. 23) del clíper de 115 toneladas *North American,* contratado por un período de 30 días durante el mes de agosto. Este barco, con una tripulación de siete (además de cuatro científicos de la Comisión) se empleó para averiguar el costo por cada ejemplar marcado en barcos contratados con este propósito, y para determinar la eficiencia en la liberación de grandes cantidades de atunes marcados en áreas seleccionadas de la pesquería, que no pueden ser normalmente cubiertas con efectividad en nuestros viajes regulares a bordo de barcos dedicados a la pesca comercial. El experimento se consideró exitoso, ya que fueron marcados 9,429 atunes a un costo por marca que fué ligeramente más bajo que el de marcar a bordo de embarcaciones en viajes comerciales de pesca. En consecuencia, en el planeamiento de nuestro programa contemplamos la contratación de un barco, cuando menos una vez cada año, a fin de hacer liberaciones de peces marcados en áreas seleccionadas de la pesquería en las que las cantidades de ejemplares devueltos al agua, desde los barcos pesqueros comerciales, han sido menores que las deseables.

La Figura 10 nos da una idea de la totalidad de los peces de cada especie recobrados durante 1955-1957, en 8 amplias áreas en que se efectuó la marcación. En esta Figura puede observarse como el mayor porcentaje de recobros de ambas especies corresponde a la región de pesca adyacente a las costas de Baja California, en el norte, y del Perú en el sur. En general, los porcentajes promedios de recobros de atunes marcados de la especie aleta amarilla, son varias veces mayores que los corres-

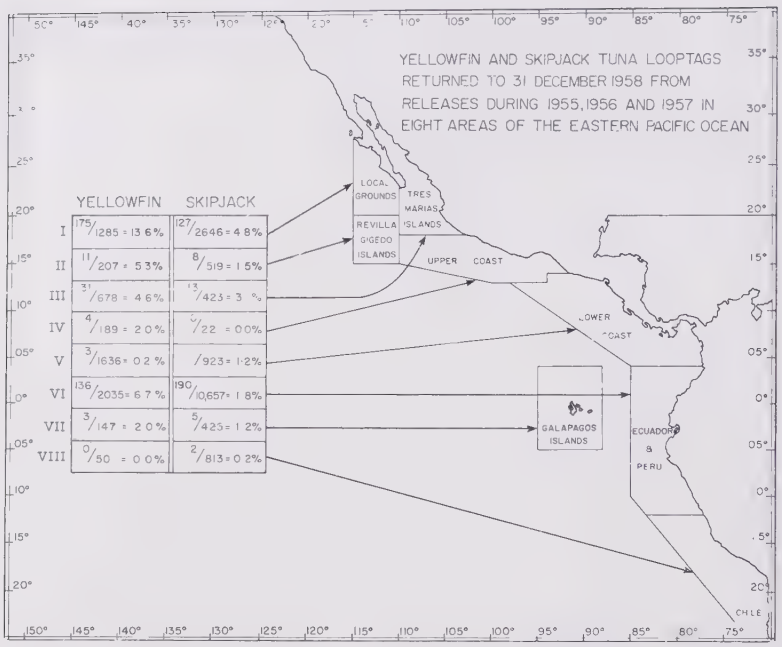
YELLOWFIN AND SKIPJACK TUNA LOOPTAGS
RETURNED TO 31 DECEMBER 1958 FROM
RELEASES DURING 1955, 1956 AND 1957 IN
EIGHT AREAS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN
YELLOWFIN
SKIPJACK
I 175/1285 = 13.6% 127/2646 = 4.8%
II 11/207 = 5.3% 8/519 = 1.5%
III 31/678 = 4.6% 13/423 = 3.1%
IV 4/189 = 2.0% 1/22 = 0.0%
V 3/1636 = 0.2% /923 = 1.2%
VI 136/2035 = 6.7% 190/10,657 = 1.8%
VII 3/147 = 2.0% 5/423 = 1.2%
VIII 0/50 = 0.0% 2/813 = 0.2%
LOCA. GROUNDS
TRES MARIAS ISLANDS
REVILLA GIGEDO ISLANDS
UPPER COAST
LOWER COAST
GALAPAGOS ISLANDS
ECUADOR & PERU
CHILE

FIGURA 10. Marcas tipo gaza recobradas de atunes aleta amarilla y barriletes hasta el 31 de diciembre de 1958. Los peces fueron liberados durante 1955-1957 en ocho áreas del Océano Pacífico Oriental.

pondientes al barrilete. Esto puede estar relacionado con uno o con todos los casos que a continuación se indican:

1. Mayor porcentaje de mortalidad, ocasionada por la pesca, en el atún aleta amarilla que en el barrilete.

2. Menor mortalidad causada por la operación de la marcación en el atún aleta amarilla, que es aparentemente una especie de mayor resistencia que el barrilete.

3. Menor tiempo de exposición del barrilete a la pesquería, ya sea debido a un porcentaje más alto de mortalidad natural, o bien a la emigración desde el área en que la explotación se efectúa.

La última posibilidad es la que se sugiere, porque los recobros a largo plazo (mayores de un año entre la marcación y el recobro) son notoriamente más frecuentes en el atún aleta amarilla que en el barrilete.

Movimientos de los atunes marcados

Damos a continuación una breve tabla de las distancias correspondientes a los movimientos netos de los atunes marcados que se recobraron hasta el 31 de diciembre de 1958. Las distancias han sido medidas por

las rutas más cortas en el mar, entre el punto de la marcación y el de la recaptura:

Distancia	Atún aleta amarilla Tiempo de libertad en días			Barrilete Tiempo de libertad en días		
	1-60	61-180	180+	1-60	61-180	180+
Menos de 90 millas	213	120	72	389	63	18
90 millas o más	14	30	47	13	31	12

Además hubo 34 atunes aleta amarilla y 37 barriletes, todos marcados, en los que no se pudo determinar ni el tiempo en que estuvieron libres, ni la distancia recorrida.

A pesar de que la mayoría de los peces marcados se habían movido menos de 90 millas durante su período de libertad, puede observarse que la distancia media neta recorrida aumento con el tiempo y que un porcentaje considerable de los peces que estuvieron libres durante un período mayor de 180 días, se apartó más de 90 millas.

Empleando los límites indicados en la Figura 10 para las áreas de pesca, se encontró también que solamente 13 peces, que se enlistan a continuación, se movieron de un área a otra durante su período de libertad:

Especies	Cantidad	Area de la liberación	Area de la catpura
Atún aleta amarilla	4	Area I, Baja California	Area III, Golfo de California
Atún aleta amarilla	4	Area III, Tres Marías	Area I, Baja California
Atún aleta amarilla	1	Area IV, Norte Costa Mexicana	Area II, Islas Revillagigedo
Atún aleta amarilla	1	Area VII, Islas Galápagos	Area VI, Perú-Ecuador
Barrilete	2	Area VI, Perú-Ecuador	Area VIII, Chile
Barrilete	1	Area VII, Islas Galápagos	Area VI, Perú-Ecuador

Además de estos movimientos entre las áreas mayores, se han registrado algunas migraciones bastante distantes, de peces marcados, dentro del área en que fueron devueltos al agua. Siete atunes aleta amarilla y un barrilete, todos marcados, que estuvieron en libertad entre dos y seis meses, tomaron rumbo hacia el norte, de las Islas Tres Marías al borde occidental del bajo Golfo de California. Dentro del área adyacente a la costa septentrional del Perú, siete atunes aleta amarilla y ocho barriletes mostraron movimientos entre el Golfo de Guayaquil y el banco de 14 brazas frente a Chimbote, Perú, recorriendo una distancia de cerca de unas 375 millas. Tres de estos atunes aleta amarilla y cuatro de estos barriletes se desplazaron hacia el sur, mientras que cuatro de los primeros y cuatro de los segundos se movieron hacia el norte. Asimismo, cinco barriletes marcados salieron de las áreas de pesca frente al Perú; de éstos, cuatro fueron recapturados frente al Ecuador y uno en aguas frente a la parte meridional de Colombia.

En resumen, parece que en los extremos norte y sur de la pesquería, de donde estamos obteniendo suficientes informes sobre los resultados de la marcación, se hace evidente alguna mezcla entre las áreas de pesca. Ambas especies aparentemente se mueven hacia el norte de las áreas frente a la parte septentrional de la costa mexicana y las Islas Tres Marías, hacia el Golfo de California y las áreas locales de pesca frente a Baja California. El atún aleta amarilla marcado en esta última región ha sido capturado en el Golfo de California, pero ninguno ha sido hallado ni en las Islas Tres Marías ni más al sur. Muchos de los peces marcados frente a Baja California han sido recapturados en la siguiente temporada de pesca, muy cerca de los puntos en que fueron liberados, y se tiene la evidencia, a través de los experimentos de marcación, de que hasta el momento, estos peces del norte no han vuelto a la pesquería frente a la costa central de México.

También parece que los stocks pescados cerca de las islas situadas mar afuera, son cuando menos semi-independientes, ya que solamente un atún aleta amarilla se ha movido entre el área costera y las Islas Revillagigedo, y un atún aleta amarilla y un barrilete liberados en las Islas Galápagos, han sido devueltos de la pesquería costera frente al Perú.

Estudios morfométricos

Hemos terminado unos trabajos que resumen los resultados de nuestras investigaciones morfométricas en ambas especies de atún. En cuanto al barrilete, estas investigaciones nos han demostrado que hay diferencias significativas (1) entre las poblaciones de las más importantes áreas de muestreo dentro de las regiones de pesca del Pacífico Oriental, y (2) entre estas áreas y las del Pacífico Central en la zona de las Islas Hawaianas y las Society-Marquesas. Los estudios del atún aleta amarilla *no* nos han demostrado significativas diferencias morfométricas entre las áreas dentro de la región de pesca que nos concierne, pero han confirmado con datos más amplios la existencia de grandes diferencias de significación previamente encontradas entre las regiones de pesca del Pacífico Central y del Pacífico Oriental.

Se considera que adicionales estudios morfométricos no nos darán mayor información sobre la estructura de la subpoblación, por lo que suspenderemos esta línea de investigación una vez que se publiquen los presentes resultados.

Estudios genéticos sobre el atún

Por el trabajo reciente que han hecho científicos japoneses en la clasificación, por tipos, de la sangre de los atunes en el Pacífico Occidental y en el Océano Indico, y por los estudios que actualmente se realizan con el salmón, las sardinas y otras especies en el Pacífico Oriental, parece que la serología comparativa de la sangre de los túnidos puede resultar un nuevo medio muy prometedor en la investigación de la es-

tructura de las poblaciones, ya que las reacciones serológicas son determinadas genéticamente.

En consecuencia, hemos iniciado, en cooperación con la Oficina de Pesquerías Comerciales de los Estados Unidos, que ya tienen establecido un laboratorio para esta clase de trabajo en la Institución Scripps de Oceanografía, una investigación dentro de la serología de la sangre del atún. Al principio planeamos comparar la sangre de los atunes aleta amarilla del Pacífico Central con la de los atunes del Pacífico del Este, que sabemos por los estudios morfométricos, pertenecen a diferentes poblaciones; esto nos servirá de base para futuras comparaciones de los atunes de diferentes áreas dentro del Pacífico Oriental.

Hasta ahora el trabajo en este proyecto ha sido de una naturaleza muy preliminar, que hemos armonizado con las técnicas de congelación y deshielo de toda la sangre del pescado. La recolección de sangre de atún en el Pacífico Central estará a cargo de las "Investigaciones de la Pesquería del Océano Pacífico" en Hawai. Las muestras de sangre en el Pacífico Oriental serán recogidas por nuestro personal, incidentalmente, en las jiras dedicadas a la marcación esta primavera.

6. Otros aspectos de la biología y hábitos del atún

Las investigaciones a que nos hemos referido anteriormente sobre la estructura de la población, movimientos migratorios y estadísticas vitales, son de importancia fundamental y debe dárseles la más alta prioridad. Sin embargo, otros estudios sobre la historia natural del atún se hacen necesarios para la correcta interpretación de los datos resultantes de esas investigaciones. También se requiere un conocimiento adicional de la biología y hábitos de los túnidos en conexión con los estudios ecológicos y como base para planear medidas de administración en el futuro. Consecuentemente, durante 1958 fueron continuadas diversas líneas adicionales de estudio, a saber:

Alimento del atún

El conocimiento de las clases de organismos que come el atún, y la relativa importancia de las diferentes clases de organismos como alimento para este pez en diferentes circunstancias, son esenciales para explicar las concentraciones regionales y los hábitos de las especies tropicales que estudiamos. Por ejemplo, la determinación de la relativa importancia de las formas bénticas en los estómagos de los atunes capturados en la vecindad de islas y bancos, comparada con la de áreas oceánicas distantes de las localidades poco profundas, es necesario para comprender el mecanismo por el cual se opera la atracción del atún. Por ende, durante 1958 hemos iniciado un programa de muestreo de estómagos de atunes, tomados de una amplia variedad de áreas de pesca en diferentes estaciones, para examinar su contenido. Las muestras se obtienen de tres fuentes: (1) jiras científicas, (2) jiras dedicadas a la mar-

cación, y (3) mesas de corte de las plantas enlatadoras. Esta última ha demostrado ser la única fuente de material adecuada para nosotros. Debido a la naturaleza de la pesquería en el pasado año, no hemos estado en condiciones de muestrear todas las áreas de interés en forma satisfactoria y, en consecuencia, continuaremos el programa durante el año venidero.

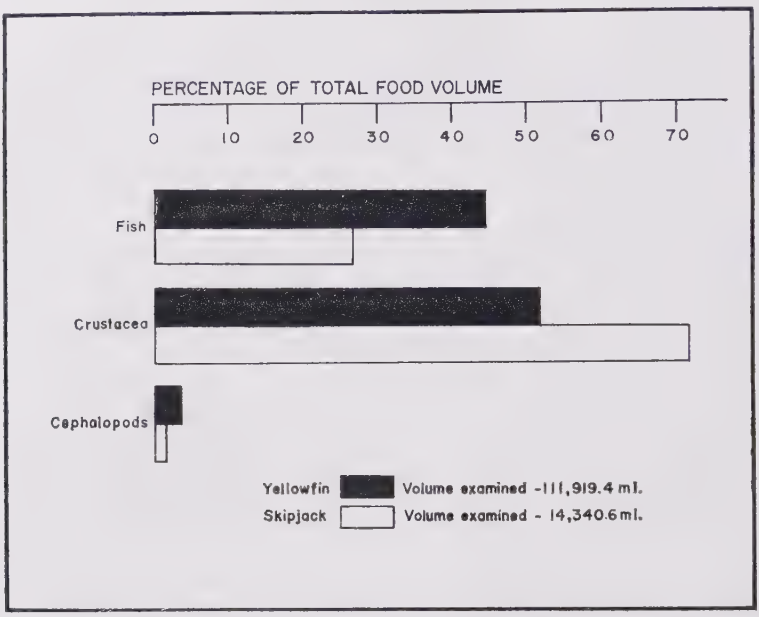

FIGURA 11. Importancia relativa, por volumen, de los peces, crustáceos y cefalópodos como alimento para el atún.

A pesar de que este estudio se encuentra aún en camino, se puede informar sobre algunos resultados preliminares. Los alimentos para el atún aleta amarilla y el barrilete pueden ser divididos en tres categorías generales, a saber: (1) peces; (2) crustáceos; y (3) cefalópodos (calamares). Ver Figura 11. Los crustáceos y los peces son los renglones predominantes en el alimento de ambas especies, a los que se agregan algunos cefalópodos, pero solamente de poca importancia. El examen de 1,592 estómagos de atunes aleta amarilla indica que su alimentación consiste, por volumen, en un 44.5 por ciento de peces, un 51.8 por ciento de crustáceos y un 3.7 por ciento de cefalópodos. El veintiseis por ciento de los estómagos estaban vacíos. El contenido de 935 estómagos de barrilete revela que su alimento consiste, por volumen, en 71.5 por ciento de crustáceos, 26.8 por ciento de peces y un 1.7 por ciento de cefalópodos. Solamente el 44.5 por ciento de los estómagos examinados contenían alimento.

En la Figura 12 se indican los renglones de alimentación encontrados en los estómagos de atunes aleta amarilla. Un crustáceo *(Pleuroncodes planipes),* comunmente conocido por "red crab" (cangrejo rojo) es el más importante renglón alimenticio encontrado hasta el momento;

constituye el 48.4 por ciento del volumen alimenticio total. Todos los otros renglones encontrados en los estómagos de atunes aleta amarilla forman menos del 10 por ciento de dicho total. Los tipos de la fauna de zonas de arrecifes parecen ser un alimento importante de los atunes encontratados alrededor de las islas mar afuera, pero un elemento relativamente menor en la nutrición del atún capturado en cualquier otra parte, Cuatro familias de peces, Tetraodontidae, Ostraciidae, Balistidae y Diodontidae, son encontrados comunmente en los estómagos de los peces capturados en la vecindad de las Islas Revillagigedo, pero muy rara vez en los estómagos de atunes aleta amarilla procedentes de las áreas cercanas al continente.

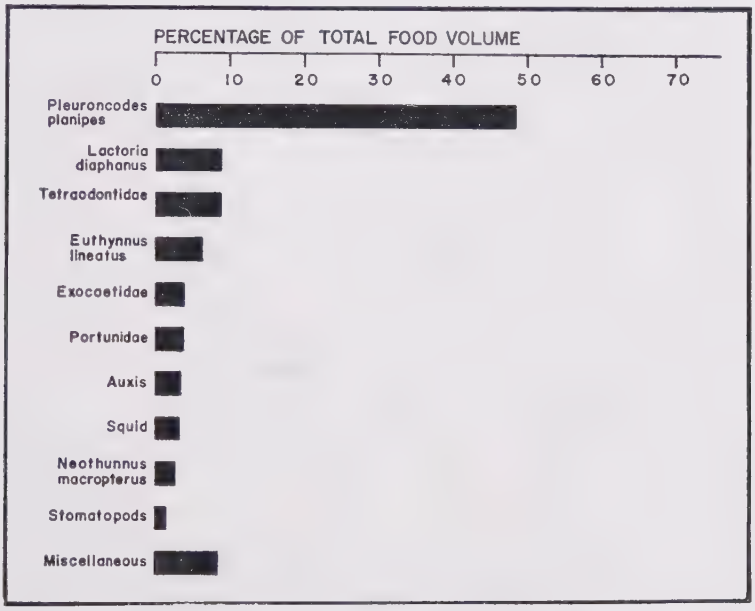

FIGURA 12. Importancia relativa, por volumen, de los principales componentes del alimento del atún aleta amarilla.

Los eufásidos son, hasta ahora, el renglón alimenticio más importante en los estómagos del barrilete; constituyen hasta un 61.5 por ciento del volumen total (Figura 13). Otros renglones principales son, en orden descendente de importancia, *Vinciguerria* (un pez batipelágico pequeño), el pez volador (Exocaetidae), los cangrejos rojos, los saurios y los calamares.

Evidencia del desove mediante el examen de gónadas

Durante 1958, la recolección y examen de gónadas de atún para determinar el grado de madurez sexual, han sido restringidos a las áreas de las que en años anteriores no se tenían datos adecuados para determinar la época de desove, si es que se efectuaba alguno. El muestreo ha sido casi completado para la mayoría de las áreas, y se espera que

esta fase de nuestra investigación pueda ser esencialmente terminada durante el año próximo.

Los informes obtenidos de las gónadas del atún durante 1958, no producen ningún cambio sustancial en las conclusiones dadas en el Informe Anual correspondiente a 1957. Sin embargo, tenemos una mayor evidencia sobre el desove del atún aleta amarilla en el área entre el Golfo de Tehuantepec y las Islas Tres Marías. También parece que pocos peces alcanzan estados de avanzada madurez, en cualquier época en la región frente al Golfo de Guayaquil y a la parte septentrional del Perú.

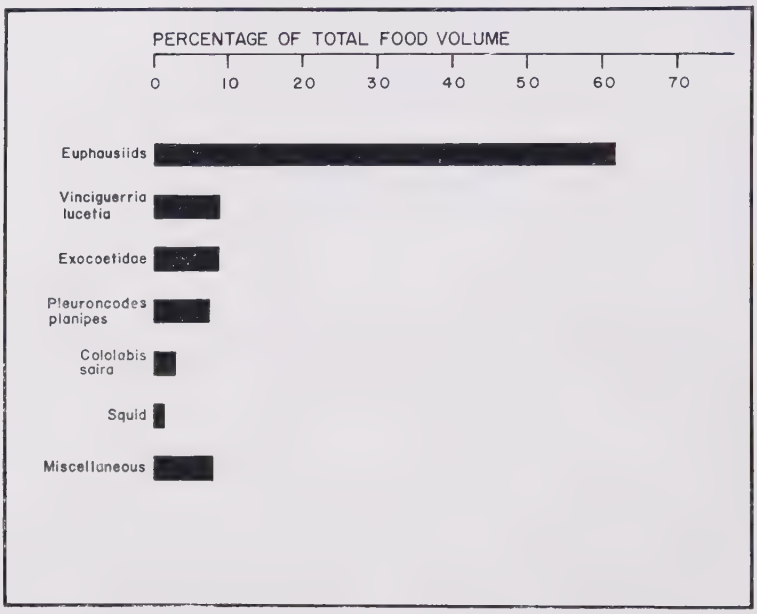

FIGURA 13. Importancia relativa, por volumen, de los principales componentes del alimento del barrilete.

Un análisis más amplio de los datos sobre gónadas del atún aleta amarilla procedente de las Islas Revillagigedo, recolectados en el período 1955-1957, indica que hay un diferencial de tamaño en la parte de la población que se encuentra en estados de avanzada madurez sexual, según lo revela el índice medio de gónadas. Parece (Figura 14) que este índice medio alcanzado por las categorías de tamaño más grandes, durante el período de desove del verano, es mucho más alto que para las categorías más pequeñas. Esto podría ser debido a que menor cantidad de peces pequeños que de peces grandes, alcanzan la madurez, o también a que los peces grandes permanecen en condición de desove (desovan más camadas de huevos) un tiempo más prolongado que los peces pequeños.

Fecundidad

En conexión con el examen de gónadas del atún, se comenzó un estudio, ya avanzado el año 1958, para determinar el número de huevos

presentes en el grupo en maduración de los ovarios en estados avanzados de desarrollo, en ejemplares de varios tamaños de cada especie de atún. Al final del año habían sido obtenidos 17 ejemplares de atún aleta amarilla convenientes para este propósito y se había hecho la estimación de la ova en el grupo de maduración. Estos peces registraron una longitud total entre 828 y 1460 milímetros y contenían ovas en maduración de 5 x 105 a 6 x 106; se nota que la fecundidad general aumenta con el tamaño de los ejemplares. Las cifras correspondientes a peces más grandes son bastante parecidas a las obtenidas en ejemplares de similar tamaño y reportadas por científicos en Hawai, en sus publicaciones.

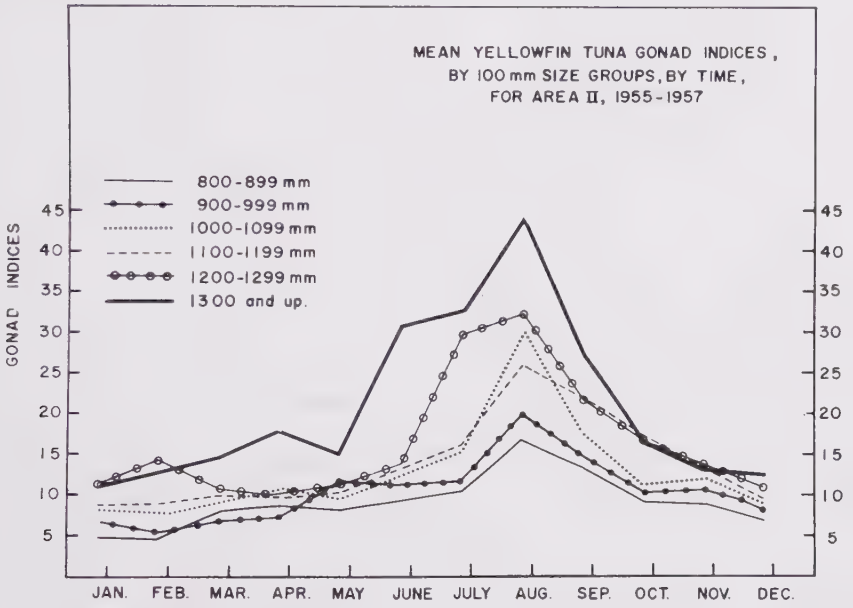

FIGURA 14. Indice medio de gónadas del atún aleta amarilla, por grupos de tamaños, en el Area 02 (Islas Revilla Gigedo).

Estados larval y juvenil

Como los atunes adultos son potencialmente grandes emigrantes y pueden cubrir largas distancias en un corto tiempo, la captura de peces con las gónadas maduras no indica necesariamente que desovan en las vecindades o cercanías del punto en que han sido pescados. Por otra parte, se cree que el desplazamiento pasivo de huevos y de larvas recién nacidas, dentro del Pacífico Oriental Tropical, no puede ser extenso. Consecuentemente, la presencia de formas jóvenes en un área determinada, ha de constituir una evidencia directa de un reciente desove allí.

Durante 1958, han sido examinadas e identificadas numerosas colecciones adicionales de atunes en estados larval y juvenil del Océano Pacífico Oriental. Este material se origina en las pescas hechas con mangas planctónicas y con redes de mano (dip nets) a bordo de barcos de

investigación y comercial; la mayor parte de dicho material proviene de la "Investigación del Desove del Atún" (Tuna Spawning Survey) en las vecindades de las Islas Revillagigedo, en el verano de 1957, y de la Expedición "Scot" en aguas entre California y Panamá (ver página 25) en el verano de 1958. Estas dos expediciones fueron realizadas en localidades en las que se habían hecho recolecciones previas, pero para efectuarlas se escogieron las épocas correspondientes a la estación en que probablemente ocurre el desove del atún, según se deduce de los estudios de las gónadas, por lo menos en algunas de las áreas visitadas. A pesar de que las colecciones "Scot" no han sido todavía completamente clasificadas, puede decirse que estas dos jiras resultaron muy satifactorias en la recolección de larvas, especialmente de atún aleta amarilla.

La información obtenida de estas colecciones, junto con la de años anteriores, nos proporciona una base para formar un cuadro aproximado del desove dentro de algunas partes del Océano Pacífico Oriental. De especial importancia es el hecho de que, en general, este cuadro concuerda con el obtenido a través de los estudios de las gónadas.

Atún aleta amarilla:

La información sobre el período de desove de esta especie es más amplia que la que se tiene sobre las otras especies. Las inferencias son las siguientes:

Area de las Islas Revillagigedo: desove en el verano.

Area mar afuera, en la vecindad de las Islas Clipperton y Coco: desove en la primavera.

Area cercana a la costa frente a América Central: principal época de desove en invierno y al comienzo de la primavera; también se produce algún desove en otras estaciones.

Area frente a Ecuador: desove en el otoño del sur.

Barrilete:

Hasta 1958, solamente unas pocas larvas y juveniles de esta especie habían sido recolectadas en aguas del Océano Pacífico Oriental Tropical. En 1958, durante la Expedición "Scot", se pescaron barriletes jóvenes en aguas entre las Islas Clipperton y Coco. Otra recolección se hizo en aguas frente a Cabo Pasado, Ecuador, en el mes de abril. La escasez de formas jóvenes de barrilete en nuestras colecciones nos hace pensar que las aguas cercanas a la costa, en el Océano Pacífico Oriental, no son importantes como localidades de desove para esta especie.

Especies sin importancia comercial:

En nuestros estudios de atunes larvales y juveniles hemos abarcado las especies sin importancia comercial, a saber: la macarela bonito y el barrilete negro. Estos no dejan de tener valor; ya que algunos proble-

mas de su temprana historia natural son comunes al atún aleta amarilla y al barrilete.

La información obtenida en 1958 no altera en forma apreciable los hechos concernientes al desove de los atunes sin importancia comercial presentados en el informe anual del año 1957.

Hábitos gregarios

Durante 1958 hemos continuado la recolección de observaciones sobre la composición específica de los cardúmenes de atún pescados por los clípers en el curso de nuestros viajes dedicados a la marcación. Las dos especies se encuentran en todo el radio de la pesquería, y la mayoría de las embarcaciones descargan una mezcla de ambas en cada viaje. Para determinar qué parte de las pescas se hace en cardúmenes puros, nuestro personal científico, en el curso de los viajes dedicados a la marcación de ejemplares, ha estimado el tonelaje de peces desembarcado perteneciente a cada cardumen. Estas muestras, tomadas durante todas las estaciones del año, hasta el momento montan 6,341 toneladas, que representan entre un dos y un tres por ciento de la pesca de los barcos de carnada durante el período de observación. Aunque de poco volumen, estas muestras parecen ser representativas, e indican que alrededor de un 64 por ciento de la pesca se obtiene de cardúmenes puros, y que hay una mayor tendencia a los cardúmenes mezclados en la región central de la pesquería. Nuestros estudios anteriores con base en las anotaciones de los registros de bitácora sobre pescas por medio de caladas individuales hechas por la flota de barcos de carnada, nos hacen estimar que más del 80 por ciento de su producción procede de cardúmenes puros.

También estamos recolectando datos sobre la composición de tamaños de los cardúmenes individuales encontrados tanto por los clípers como por los barcos rederos; éstos nos servirán de base para estudiar el grado en que los atunes tropicales tienden a agruparse por tamaños. Actualmente se están analizando dichos datos.

7. Investigaciones sobre la oceanografía física, química y biológica y sobre la ecología del atún

Las investigaciones en el Pacífico Oriental y en otras partes de los océanos del mundo, han demostrado claramente que los marcos de referencia más importantes en el conocimiento de la historia natural, la biología, la ecología y hábitos de los atunes completamente pelágicos, son los sistemas de las corrientes oceánicas y masas de agua y la distribución de sus contenidos químicos y biológicos. La circulación general y la distribución de las propiedades están íntimamente relacionadas con el promedio de la distribución y abundancia de las poblaciones de atún. Las variaciones estacionales y anuales en las propiedades oceanográficas influyen profundamente en su abundancia y disponibilidad para la captura.

La investigación que nos lleva a comprender la oceanografía del Océano Pacífico Oriental y su relación con los atunes tropicales, es una parte esencial de nuestro programa. Varias clases de investigaciones fueron realizadas durante el año, a saber:

Viajes de estudio

Para obtener datos amplios sobre el ambiente físico y biológico general del Pacífico Oriental Tropical durante una estación del año no comprendida en investigaciones anteriores, se efectuó un crucero, la Expedición "Scot", entre el 23 de abril y el 20 de junio. La ruta de este crucero aparece en la Figura 15. Esta expedición se hizo cooperativamente con la Institución Scripps, bajo un contrato con la Oficina de Pesquerías Comerciales de los Estados Unidos y la Comisión del Atún. Se hicieron durante el crucero mediciones de la productividad básica, de las cosechas estables de fitoplancton y zooplancton y de otros fenómenos biológicos, junto con las determinaciones rutinarias de la oceanografía física y química. Dentro de un sistema de estaciones cercanas localizadas en la región entre Acapulco y las Islas Tres Marías, se hicieron arrastres planctónicos superficiales y subsuperficiales, para determinar la presencia de larvas de atún, ya que creemos que esta región constituye una importante área para el desove del atún aleta amarilla en la época del año en que efectuamos los trabajos.

Miembros de nuestro personal participaron también en un crucero en el Golfo de Tehuantepec, patrocinado por el Grupo que estudia la

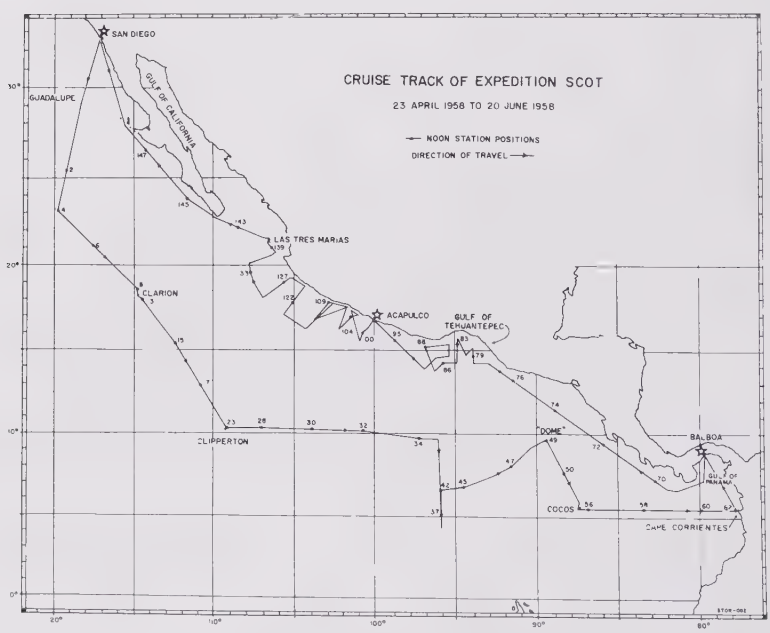

FIGURA 15. Curso seguido por la expedición "Scot".

Oceanografía del Atún en la Institución Scripps (Scripps Tuna Oceanography Group) durante noviembre y diciembre de 1958.

Análisis de los datos tomados en la "Island Current Survey" y en la "Investigación sobre desove del atún"

. Island Current Survey

Los datos sobre oceanografía física y química tomados en la "Island Current Survey", a que nos referimos brevemente en el Informe del año 1957, han sido examinados detalladamente.

Isla Clarion

En las vecindades de la Isla Clarion no se encontró una corriente oceánica media. Esto impidió el examen de los efectos de una isla apartada en medio de una corriente oceánica. Las observaciones GEK y la topografía geopotencial (y la corriente geostrófica) armonizaron bien e indicaron diversos reflujos. Un reflujo en el sentido contrario a las agujas del reloj fué centralizado al suroeste de la Isla Clarion, pero incluyendo a dicha isla.

Una sección batitermográfica hecha a la isla desde el norte, indicó que a veinte millas de la isla, la capa superficial de agua mezclada se extendía hasta la cima de la termoclina, pero más cerca de la isla se presentaron tres capas intermedias. El resultado fué que en donde la profundidad de la zona superficial (del fondo a la cumbre de la termoclina) se mantuvo esencialmente constante, la de la capa superficial mezclada, disminuyó en profundidad con dirección a la isla. Este puede haber sido un "efecto de la isla" e implica algún proceso de mezcla sobre la termoclina. La morfología de la parte más profunda de la capa superficial mezclada reveló la existencia de una cúpula en un área que incluyó la isla y que era cerca de cien veces más grande que la de la propia isla. Esto puede haber sido la extensión del efecto de la isla.

A distancia de dos millas o más de la isla, la distribución vertical de variables tales como la salinidad, el oxígeno disuelto y el nitrito, se caracterizó por bien definidos máximos y mínimos de concentración en el intervalo de profundidad de 40 a 90 metros. Sobre el declive de la isla, estos máximos y mínimos no existían o, por lo menos eran de menor grado. Esto implica un proceso de mezcla sobre el declive de la isla, que no armoniza con la conclusión a que se llegó por el análisis de la estructura de la temperatura vertical.

En el intervalo de profundidad de 150 a 850 metros, la concentración media de fosfato fué alrededor de 0.4 μg. -at./L. más alta en las estaciones dentro de las cinco millas de la Isla Clarion, que en las estaciones a distancias de diez millas o más de la isla. Si se supone que la cantidad total de fosfato inorgánico en una columna de agua es una estimación de la productividad global, esta última fué un veinte por ciento más alta en aguas costeras que mar adentro.

No se encontró evidencia de carácter físico o químico que explique la abundancia de atún que siempre se halla en las vecindades de la Isla Clarion. La explicación ofrecida en el informe anual de 1957, de que el alimento para el atún depende de las contribuciones de las formas bénticas, parece ser la más razonable.

Banco Shimada

El banco recientemente descubierto a unas 180 millas al suroeste de la Isla Clarion, ha sido bautizado con el nombre de Banco Shimada, para honrar la memoria de nuestro científico Bell M. Shimada.

Los datos sobre la oceanografía física y química fueron insuficientes para determinar si la circulación media oceánica en la vecindad de este banco ha sufrido una desviación en su curso, ocasionada por dicho banco. Se estableció que por encima del banco existía un pequeño reflujo en el sentido contrario de las agujas del reloj pero hubo poco afloramiento o convexidad. Cerca del fondo del mar y bajo la corriente, la concentración de fosfato era notoriamente alta, lo que hizo pensar en una gran acumulación de detritus. Como a una milla al norte del Banco Shimada, las observaciones de una capa superficial profunda, de las más altas temperaturas de superficie y de un volumen máximo de zooplancton, sugirieron la acumulación de una capa de agua superficial (convergencia). Bajo estas características, fué alta la concentración de fosfato.

"Investigación sobre el desove del atún"

La "Investigación sobre el desove del atún", que se efectuó en julio de 1957, inmediatamente después de la "Island Current Survey", dió por resultado la acumulación de unos 48 batitermogramas tomados en el área de las Islas Revillagigedo, siguiendo un plano dibujado en forma de rejilla. La condición de una relación constante entre temperatura y salinidad en toda el área, se consideró como un hecho, de modo que pudo hacerse una estimación de la corriente geostrófica con base en la morfología de las superficies isotérmicas. Contrariamente a los resultados de la investigación de la Isla Clarion, los datos obtenidos en esta otra, indicaron una corriente estable de norte a oeste, pasada dicha isla. Más hacia el este se encontraron algunas corrientes, siendo la mayor y mejor definida la que rodeaba la Isla Socorro. Esta tenía la dirección contraria al movimiento de las agujas del reloj, con un diámetro de 60 millas.

Análisis de los datos de las Expediciones "Eastropic" y "Scope"

Como se dijo en el informe correspondiente al año 1957, el fallecido Townsend Cromwell había comenzado un análisis isentrópico de los datos de la estación hidrográfica localizada para las expediciones "Eastropic" y "Scope", a fin de investigar las corrientes subsuperficiales. Habían sido preparadas cartas preliminares para indicar la distribución de varios

parámetros ocenográficos en nueve diferentes superficies isopicnales. También fueron usadas algunas estaciones de POFI en estos planos.

Como el análisis isentrópico tiene potencialidades considerables para la determinación de modelos horizontales de circulación, se tiene el plan de continuar y ampliar el trabajo antes mencionado. El área cubierta por las cartas preliminares está siendo ampliada hacia el oeste y hacia el sur, y se están utilizando todas las estaciones hidrográficas modernas localizadas en la región. Esto ha dado como resultado más de una duplicación de la cantidad de datos disponibles. La selección y proceso de estos datos adicionales fué empezada a principios de diciembre y se está acercando a su terminación. Todavía falta por ver si es factible combinar los datos obtenidos en un período de treinta años. Sin embargo, esto no puede resolverse hasta terminar de graficar los datos adicionales.

Especies indicadoras del plancton

Ha sido terminado un estudio intitulado "Los Quetognatos de la Expedición 'Eastropic", con anotaciones sobre su posible valor como indicadores de las condiciones hidrográficas", que resume los resultados de las investigaciones sobre la posibilidad de usar los gusanos "flecha" como indicadores biológicos de los diferentes ambientes oceánicos. Será publicado en nuestra serie de "Boletines". Este estudio ha hecho evidente la necesidad definitiva de investigar la distribución vertical de éstos y de otros organismos planctónicos de posible valor guía. Algunas muestras de que ya disponemos obtenidas con redes planctónicas en las Expediciones "Scope" y "Scot" y en la "Investigación sobre el desove del atún", se estudian con ese propósito en los presentes momentos. El muestreo con el fin de determinar la distribución vertical de este grupo de organismos indicadores, recibirá énfasis creciente en las futuras expediciones científicas.

Hasta el día, la clasificación y ordenamiento por categorías de las muestras de zooplancton, ha progresado satisfactoriamente; el proceso del material de las Expediciones "Eastropic" y "Scope" de la "Investigación sobre el desove del atún", ha sido terminado y el trabajo en el material de la Expedición "Scot" sigue su curso.

Las muestras de zooplancton obtenidas en dos cruceros realizados por el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú, en la Corriente del Perú, han sido ya recibidas en nuestros laboratorios principales. Se espera que llegue pronto el material de otras dos expediciones posteriores. Los peces, las larvas de peces y los ejemplares de los quetognatos han sido removidos de las muestras recibidas para un futuro estudio. Los quetognatos serán identificados por especies y se graficará su distribución de acuerdo con su posible uso en nuestros estudios indicadores.

Series de datos sobre el tiempo

A fin de estudiar las variaciones temporales en los factores oceanográficos, en relación con las variaciones temporales en la distribución geográfica, abundancia y disponibilidad del atún para la pesca, necesitamos series temporales de datos sobre las medidas de los parámetros oceanográficos. Las observaciones de la temperatura y del nivel del mar y los datos meteorológicos recolectados en las estaciones costeras por diversas entidades, son valiosos a este respecto, así como lo son las observaciones de los barcos mercantes, recogidas por el "Weather Bureau" y la Oficina Hidrográfica. Sin embargo, como estos datos no son enteramente satisfactorios en la región del Pacífico que estudiamos, estamos tratando de obtener datos adicionales por otros medios.

En el empeño de obtener amplitud de información sobre la temperatura de la superficie del mar, hemos instalado, según se reportó anteriormente, cierto número de termógrafos en embarcaciones dedicadas a la pesca de atún. Sin embargo, la evaluación de los datos recogidos en esta forma, ha demostrado que a menudo son de ínfima calidad y que el esfuerzo empleado para obtenerlos no justifica ni su calidad ni su volumen. Pensamos, en consecuencia, descontinuar muy pronto este proyecto.

Por el contrario, se ha visto que una cantidad utilizada de datos sobre la temperatura de la superficie del mar, puede obtenerse de los capitanes de los barcos atuneros, quienes rutinariamente anotan la temperatura en los registros de bitácora de sus embarcaciones. Durante el año hemos completado la tabulación de todas las temperaturas del agua de la superficie del mar, anotadas en los registros de bitácora de la flota de los barcos de carnada durante los años 1951 a 1957 inclusive. Estos datos han sido reducidos a las temperaturas medias de cada mes en muchos de los cuadrados de un grado de todas las áreas de pesca del Pafífico Oriental Tropical. Sin embargo, las anotaciones de las embarcaciones pesqueras han sido escasas en varias temporadas del período; consecuentemente, se han hecho arreglos con el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas del Perú y con el Grupo de Investigadores del Océano, de la Universidad de Stanford, para obtener datos de la temperatura en determinadas áreas y temporadas durante el indicado período de siete años. Estas entidades han compilado dichos datos de los resúmenes de los registros de bitácora llevados en barcos mercantes. Es de esperar que los cambios en la temperatura de la superficie del mar puedan tener correlación con los cambios en el éxito de la pesca de atún aleta amarilla y barrilete.

Afortunadamente, durante este año, la Institución Scripps de Oceanografía, de conformidad con un contrato con la Oficina de Pesquerías Comerciales de los Estados Unidos, ha comenzado un programa intensivo para perfeccionar estaciones con esquifes anclados, que puedan registrar

diversos parámetros oceanográficos (incluyendo temperaturas a diferentes profundidades, dirección y velocidad del viento) y para instalar cierto número de ellas en diferentes áreas de pesca.

Todavía mantenemos en operación registradores de temperatura en Zorritos y Máncora, Perú. Durante el año, el Consejo de Investigaciones Hidrobiológicas también se encargó de establecer termógrafos en varias localidades costeras y en islas a lo largo de la costa peruana.

8. Investigaciones sobre la biología, ecología e historia natural de los peces de carnada

Los estudios sobre carnada se efectúan en nuestro laboratorio principal y en los laboratorios regionales que tenemos instalados en Panamá y Costa Rica. Durante los primeros cinco años, las investigaciones dieron preferencia a la estructura de la población, la edad, la proporción del crecimiento y el desove de la anchoveta, en cada una de las importantes áreas productoras de esta especie entre México y el Golfo de Guayaquil. Se han terminado ya los más importantes aspectos de estos estudios, pero se continúa con los otros. En los dos últimos años, la atención se ha enfocado más y más en los primeros pasos de la historia natural y en la ecología de la especie. También son de utilidad como carnada para el atún otras cuatro especies de anchoas y arenques, pero como otras entidades dedicadas a la investigación les dan actualmente la atención necesaria, y como la anchoveta es el más importante de los peces-cebo y es la única que se considera puede ser apreciablemente afectada por la pesquería de atún, continuamos empeñosamente dedicando nuestros esfuerzos a esta especie. Sin embargo, también recogemos algunos datos de interés sobre otras especies.

Durante el año se publicaron los resultados de un estudio sobre la edad, proporción del crecimiento, madurez sexual y desove de la anchoveta en el Golfo de Panamá (Boletín No. 9, Volumen 2). Este estudio se basó en las colecciones de anchovetas que han hecho los clípers que salen de los puertos de California, y los miembros del personal de la Comisión a cargo del laboratorio de Panamá. También se publicó el Boletín No. 1, Volumen 3, en el que se informa sobre una investigación de los caracteres numéricos y morfométricos de las anchovetas. Los resultados concuerdan, en general, con estudios anteriores menos amplios, y evidencian mayormente que hay poca o ninguna mezcla entre las poblaciones de anchovetas de las localidades a lo largo de las costas de México, América Central, Colombia y Ecuador.

Las colecciones de anchovetas que adecuadamente se habían recogido en las principales áreas de carnada, y que se habían conservado por algunos años, han hecho posible la determinación de la edad, la proporción del crecimiento y las épocas del desove en cada localidad. Se ha dicho en informes anuales anteriores que la composición de edades de estas

poblaciones y la proporción de su crecimiento son similares a las de la población de Panamá, pero que la época de desove varía de una región a otra. Una vez que se hayan obtenido más colecciones de la costa de Colombia, de donde las muestras recogidas no son todavía satisfactorias, el estudio será completado para su publicación.

Se ha hecho notar en anteriores informes que para delinear las áreas de muestreo, para medir el éxito del desove con relación a los cambios en el medio ambiente, y para estudiar los primeros pasos de la historia natural de la anchoveta, es indispensable estar en condiciones de identificar los huevos y las larvas de la especie. Hemos trabajado en el problema de identificación, en el Golfo de Panamá, desde el otoño de 1956 y, aunque ésta ha sido una ardua tarea por el hecho de que otras numerosas especies de anchoas y arenques, que están íntimamente relacionadas con la anchoveta, habitan en las mismas aguas, los huevos de esta última han sido identificados y se ha conseguido progresar en los medios para distinguir las larvas de las de las otras especies.

El huevo de la anchoveta fué identificado, entre el material recogido en el Golfo de Panamá, en 1956 y 1957, por su tamaño, por su presencia estacional (octubre a enero), y por su diferencia en el tiempo diurno del desove. La identificación se confirmó en diciembre de 1958, cuando al fertilizar artificialmente los huevos de la anchoveta, se encontró que eran idénticos a los huevos planctónicos previamente identificados como pertenecientes a la especie. El huevo es pelágico, traslúcido y de forma oval; sus dimensiones medias son de 1.166 mm. y 0.53 mm., respectivamente, en sus ejes largo y corto. La membrana del huevo es inesculpida, la masa de la yema marcadamente segmentada y hay carencia de glóbulo aceitoso.

La identificación del huevo planctónico de la anchoveta ha permitido un más amplio estudio del desove de esta especie en el Golfo de Panamá. Ocurre entre las 0130 y las 0430 horas. El desarrollo del embrión es rápido y se completa en unas veinte horas aproximadamente, cuando se opera el nacimiento.

El área principal de desove en el Golfo de Panamá se encuentra entre la entrada del Canal y Punta de Brujas, una distancia de setenta millas de línea costera; se caracteriza por su fondo fangoso. El desove ocurre en aguas costeras bajas (de 1 a 3 brazas) en una zona angosta que se extiende cerca de media milla mar afuera, en marea alta.

Los huevos planctónicos de la anchoveta y los fertilizados artificialmente han sido fraguados en el laboratorio. Las larvas resultantes de ambas fuentes han sido criadas hasta 96 y 22 horas, respectivamente, después de nacidas. (Más detalles relacionados con los experimentos de cría se dan en la página 115). El saco de la yema de las larvas es completamente absorbido entre las treinta y seis y las cuarenta y dos horas después del nacimiento. El cleitro es la primera estructura que osifica

después de cuarenta y ocho horas, y a las noventa y seis horas es todavía la única estructura que da señales de osificación.

Como las larvas de anchoveta, a las noventa y seis horas después de su nacimiento, no son reconocibles como de la especie, tenemos el nuevo problema de la identificación de las formas jóvenes menores de 23 milímetros. Al alcanzar este tamaño se reconocen caracteres adultos que distinguen la larva de otros once tipos de anchoas en el mismo estado (larval). Actualmente se estudian las proporciones anatómicas, los carácteres numéricos, la osificación, la longitud intestinal y la forma de pigmentación de las larvas de la anchoveta. El análisis preliminar de las proporciones anatómicas indica que esta forma de abordar el problema será de utilidad limitada. Parece que hay alguna variación entre las especies con respecto al momento en que se inicia la osificación, a su secuencia y al de completarse ese fenómeno, variación que puede ser de utilidad en la diferenciación e identificación de cada una. La pigmentación externa es útil para identificar algunas especies de peces, pero en cuanto a las anchoas encontramos, hasta el momento, que parece haber una gran similitud entre especies y mucha variación en lo individual. Sin embargo, este asunto requiere mayor estudio.

En el problema de la identificación de los estados larvales de la anchoveta, sería ideal que pudiéramos criar las larvas hasta un tamaño en el que fuera factible distinguirlas por sus carácteres juveniles y adultos, y conservar una serie de especímenes a determinados intervalos de su desarrollo. Si no podemos separar las larvas de anchoveta, en las muestras de plancton, de las larvas de otras especies de anchoas, tendremos que renovar nuestros esfuerzos para criar larvas en el laboratorio hasta que alcancen más de noventa y seis horas.

Investigaciones en el Golfo de Panamá

El personal del laboratorio en Panamá continuó las investigaciones sobre la historia natural y ecología de la anchoveta, así como los estudios de las variaciones en la hidrografía del Golfo de Panamá. Como los trabajos de investigación sobre la edad, proporción del crecimiento y desove habían sido completados el año anterior, se dió mayor énfasis a la historia natural en sus primeras formas. También se efectuaron experimentos en el sentido de desarrollar un sistema conveniente de marcar las anchovetas, y se recolectó alguna mayor información concerniente a la población de éstas en la costa adyacente de Colombia.

Se decidió no marcar anchovetas en el Golfo de Panamá durante 1958, porque los experimentos efectuados en los tres años anteriores, para determinar los movimientos migratorios y posiblemente para medir el grado de la explotación del stock por la pesquería, no dieron los resultados esperados. Los experimentos en virtud de los cuales se mantenían los peces marcados en viveros, nos han demostrado ahora que el fracaso se debió, en gran parte, a mortalidad muy alta ocasionada por la propia

operación, y a una alta proporción en el desprendimiento de las señales o marcas.

Los experimentos fueron realizados de mayo a septiembre inclusive. En mayo, los peces de la clase anual entrante en la pesquería son grandes para manejar, y después de septiembre son difíciles de capturar, y no viven bien en cautividad porque están en el proceso de maduración sexual. Se probaron cinco tipos de marcas en dichos experimentos: cazonete, banderola o colilla plástica, gaza de plástico, agarre de metal e hidrostático noruego. Las marcas de cazonete fueron aplicadas en diversas formas y con distintos materiales, pero el diseño básico es el de las marcas de cazonete escocesas, usadas para señalar el arenque en Europa.

Se observó que la supervivencia en los peces marcados con la misma clase de señal, varió de un lote a otro, y que todos los peces marcados resistieron mejor en mayo y junio que en los tres meses siguientes. Sin embargo, aún cuando algunos tipos de marcas fueron más prometedores que otros, es desilusionante observar que en las operaciones con todos los tipos se registró una mortalidad muy alta, así como lo fué la pérdida de señales, durante los primeros diez días después de la marcación, y que pocas marcas, de cualquier clase, permanecieron en el pez después de treinta días.

Durante 1959 renovaremos los esfuerzos para perfeccionar una marca que se mantenga en el pez, y para mejorar los sistemas que reduzcan la mortalidad por la marcación.

La anchoveta habita áreas a lo largo de la costa de Colombia, hasta el sur del Golfo de Panamá, y también en la Bahía de Montijo, que está al oeste. La comparación entre los carácteres numéricos y morfométricos de ejemplares de las tres regiones, hace pensar que no hay un libre intercambio entre las poblaciones, aunque no deja de producirse una mezcla parcial. Esto no es probable que ocurra durante el estado adulto de la vida de la anchoveta, porque durante este período la especie vive exclusivamente en aguas bajas y turbias sobre fangosos fondos planos, y hay amplias áreas de ambiente inhabitable a lo largo de las costas, que separan entre sí las tres regiones. No obstante, la mezcla puede tener lugar cuando los peces jóvenes se presentan en grandes cardúmenes en las aguas de mar afuera durante los primeros tres meses de vida, y tal vez podría ocurrir en gran escala si las poblaciones de las tres regiones desovaran al mismo tiempo.

Se planeó hacer observaciones aéreas regulares, cada semana, sobre el Golfo de Panamá, durante febrero y marzo de 1958, y volar a lo largo de la costa de Colombia y de la Bahía de Montijo varias veces durante este período, con el propósito de determinar si los cardúmenes de la nueva clase anual podrían ser observados y si se presentan en forma continua a lo largo de la costa entre el Golfo de Panamá y las otras regiones. Se hicieron arreglos para contratar un avión Cessna de un solo motor que

hiciera este trabajo, pero el proyecto no resultó muy fructífero, debido tanto a dificultades en las operaciones con el avión, como a las que se presentaron para identificar los cardúmenes desde el aire. Sin embargo, se obtuvo alguna información útil en cuanto a la naturaleza de las manchas de peces y a su distribución en el Golfo. Puede que se trabaje un poco sobre este problema en la primavera de 1959, con el empleo de una embarcación.

Para contribuir a nuestro conocimiento sobre la relación que tengan entre sí las anchovetas de la costa de Colombia y del Golfo de Panamá, se hicieron arreglos con residentes de Buenaventura y Tumaco, Colombia, para que efectuaran recolecciones de anchovetas en ambas localidades. Las colecciones así formadas se estudiarán para determinar la edad, el crecimiento y el desove, y los resultados de este trabajo serán de utilidad para establecer si las poblaciones a lo largo de la costa, frente a Colombia, se mezclan ampliamente con las anchovetas en Panamá. El examen de las pocas colecciones obtenidas en marzo de 1957, indicó que las clases anuales entrantes, en las dos regiones, son de longitudes comparables en esa época del año; las condiciones de las gónadas de los peces de más edad hicieron pensar que el desove probablemente ocurre en ambas regiones más o menos al mismo tiempo.

Los resultados de algunos estudios sobre los primeros pasos de la historia natural de la anchoveta han quedado ya resumidos en párrafos anteriores. Como se hizo notar, el huevo de la anchoveta ha sido identificado y se han determinado el tiempo (en el día y en la estación) y las regiones de desove; pero se ha logrado poco progreso hasta ahora en las difíciles tareas de identificar las larvas y de separarlas de las otras numerosas especies de anchoas y arenques cercanamente relacionadas, que también habitan el Golfo. Para ayudar en la resolución de este último problema y para confirmar positivamente la identificación del huevo de la anchoveta, se siguieron dos líneas de investigación durante la época de desove de 1958. Una fué por medio de la fertilización artificial de los huevos de la anchoveta, para compararlos con los huevos planctónicos previamente identificados como pertenecientes a la especie; y la otra, por medio de la cría, en el laboratorio, de larvas procedentes tanto de huevos planctónicos como de huevos fecundados artificialmente, hasta alcanzar un estado en que pudieran ser reconocidas como anchovetas.

Los huevos planctónicos y las larvas resultantes fueron criados en el laboratorio durante 1958 por tres diferentes métodos. En uno se emplearon recipientes plásticos, en forma de tazones, en los que se dejó correr agua de mar, recirculada a través del sistema y sujeta a tratamiento de luz ultravioleta para el control de las bacterias. Otro de los métodos fué el de mantener las larvas en platos con agua de mar estática, que fué cambiada a intervalos frecuentes .El tercer método consistió en

el uso de un acuarium en miniatura, balanceado, que se mantuvo con agua de mar estática y algas marinas verdes. Diversos tipos de alimentos fueron dados a las larvas, incluyendo sangre humana; entre ellos, un alimento comercialmente preparado para peces de acuarium, yema de huevos pulverizada, camarones recién nacidos, conservados en salmuera *(Artemia salina)*, y pequeñas cantidades de fitoplancton fortuitamente presentes en el agua de mar. En ninguna de las combinaciones fué posible mantener las larvas de los huevos planctónicos por más de 76 horas después de la fertilización. El acuarium en miniatura fué considerado el método más prometedor.

El problema más agudo, en la fertilización artificial, fué el de capturar al mismo tiempo ejemplares completamente maduros de ambos sexos. Se hicieron numerosos intentos durante las primeras horas de la mañana, que es cuando desova la anchoveta, en varias semanas, hasta conseguir esto y efectuar la fertilización con buenos resultados. Los huevos fertilizados fueron fraguados en el laboratorio y mantenidas las larvas en platos con agua de mar durante veintidos horas después de nacidas.

Se conservaron muestras regulares de los huevos planctónicos, y de los huevos artificialmente fertilizados, lo mismo que las larvas resultantes de ambos tipos, desde momentos después de la fertilización hasta la muerte de la última larva. Los huevos fertilizados artificialmente se encontraron idénticos a los huevos planctónicos identificados como de anchoveta dentro del material recogido en años anteriores. No conseguimos mantener las larvas hasta alcanzar un estado en que pudieran ser reconocidas como anchovetas por sus caracteres adultos.

Considerando la evidente importancia del afloramiento estacional (que resulta cuando los vientos del norte aumentan fuertemente durante el período de noviembre a abril) en la ecología del Golfo de Panamá, se continuaron las observaciones bisemanales comenzadas en diciembre de 1954, sobre ciertos fenómenos físicos, químicos y biológicos relacionados con dicho afloramiento. Estas observaciones se hacen en estaciones fijas, diez millas al sureste de la Isla Taboga. A la disposición de la Comisión del Atún se ponen también los informes resultantes de las observaciones hechas por la Compañía del Canal de Panamá sobre ciertos aspectos hidrográficos y meteorológicos.

Dos gráficas fueron presentadas en el informe anual de 1956, para ilustrar algunas de las características físicas, químicas y biológicas relacionadas con el afloramiento de conformidad con nuestras propias observaciones por una parte, y con las de la Compañía del Canal de Panamá por otra. La mecánica de este fenómeno llamado afloramiento fué también descrita, en forma breve, en el informe anual de 1957, y además se terminó y se dió a la publicación en 1958, un estudio que trata de los records sobre la dirección y velocidad de los vientos y del nivel y las

temperaturas del mar, a fin de elucidar las relaciones entre los correspondientes datos y los promedios a largo plazo, lo mismo que con respecto a las variaciones que se registran de un año a otro (Boletín, Vol. 3, No. 2)

Se está pensando en continuar las observaciones bisemanales, en la estación fija, hasta mayo de 1959, y luego analizar completamente todos los datos acumulados, antes de emprender nuevas observaciones.

Investigaciones en el Golfo de Nicoya

Los estudios que se realizan en el laboratorio regional instalado en Puntarenas, Costa Rica, se relacionan principalmente con: (1) los resultados del experimento del trasplante efectuado en 1953, que se hizo en un esfuerzo para rehabilitar la población de anchovetas; (2) las investigaciones sobre la historia natural y ecología de la anchoveta y de otros peces que sirven de carnada para el atún; y (3) la recolección de datos hidrográficos para determinar las variaciones en el medio ambiente.

El personal del laboratorio, a fines de 1958, también realizó un viaje al área 20 millas al suroeste de Cabo Blanco (Costa Rica) en el intento de capturar larvas de atún de dicha región, que se cree es una localidad importante para el desove de las especies de nuestro estudio. Si los resultados son satisfactorios, estas investigaciones continuarán durante los próximos meses.

Han transcurrido cinco años desde que, en octubre de 1953, aproximadamente medio millón de anchovetas sexualmente maduras fueron pescadas en el Golfo de Panamá y transportadas en un clíper atunero al Golfo de Nicoya, en busca de la posibilidad de rehabilitar esta importante área de pesca como productora de tan útil especie de carnada para el atún. La investigación sistemática que sobre las anchovetas se realizó durante 1958, reveló lo mismo que en años anteriores, desde 1954, esto es, que la población aparentemente resultante de la siembra afectuada, permanece a un nivel muy bajo, bien lejos de alcanzar una importancia comercial. En tanto que las pescas de investigación por medio de redes de playa y de redes de arrastre (del tipo usado para el camarón) indican que los adultos fueron más abundantes en 1958 que en 1957, a pesar de que los juveniles estaban en menor cantidad, parece que la población ha persistido y se ha propagado alrededor del mismo bajo nivel que se registra cada año, desde 1954.

El examen de las gónadas de los peces adultos capturados en 1958, continúa manteniendo la evidencia que previamente se tenía, de que la anchoveta desova en el Golfo de Nicoya durante la mayor parte del año. Los trabajos rutinarios en el Golfo, para recoger huevos y larvas de anchoas, se suspendieron en septiembre de 1958, ya que consideramos tenemos material suficiente a nuestra disposición para determinar si puede ser de utilidad en el sentido de proveer mayor información sobre el tiempo y las localidades en que se efectúa el desove. El examen del ma-

terial planctónico ha sido pospuesto hasta que tengamos completos los resultados de los estudios del material similar sacado del Golfo de Panamá.

Muy pocas de las numerosas especies de anchoas y arenques en el Golfo, que hasta el presente son más abundantes que la anchoveta, son valiosas como cebo para el atún. Una excepción es el arenque de hilo, *Opisthonema libertate,* (llamado "gallera" en Costa Rica) que es capturado abundantemente en aguas mexicanas. Esta especie se encuentra en grandes cantidades en el Golfo de Nicoya, por lo que durante los dos últimos años hemos hecho extensas colecciones de adultos y juveniles a fin de estudiar su edad, la proporción de su crecimiento y la época del desove en esa región. Aunque el material recogido no ha sido analizado por completo, aparentemente la especie desova en todo el año, sin perjuicio de que haya máximos estacionales en la producción. Si el reclutamiento es continuo, será probablemente imposible determinar las edades en los peces de diferentes grupos de tamaños.

El análisis de los datos hidrográficos recogidos en el Golfo de Nicoya ha sido prácticamente terminado, y se prepara un estudio descriptivo del régimen anual imperante en el Golfo.

El Golfo de Nicoya puede ser considerado como un sistema de estuario en el que la estructura dinámica está principalmente controlada por las variaciones en la salinidad. La entrada de agua dulce forma una cabeza isostática en la parte norte del Golfo, de lo que resulta una co-

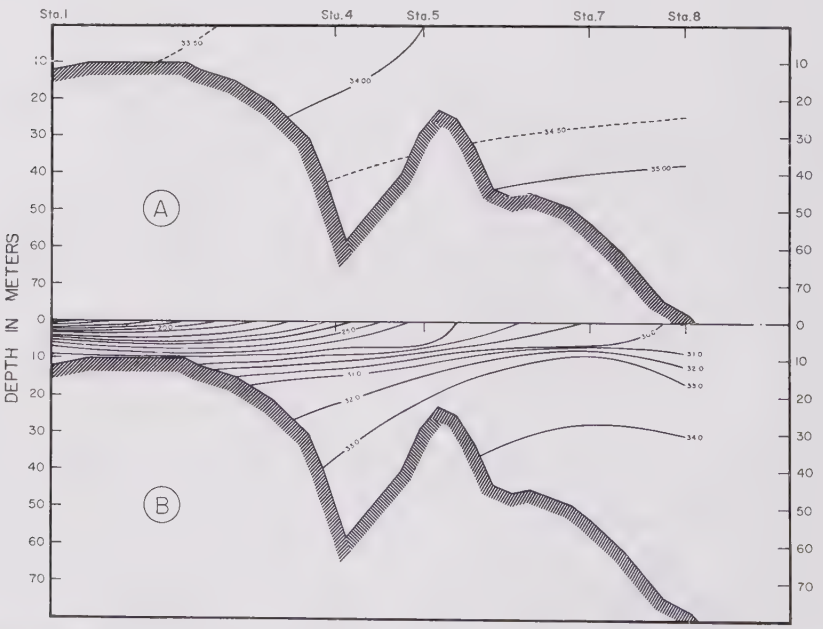

FIGURA 16. Perfiles típicos de la salinidad en el Golfo de Nicoya durante la estación seca (A) y la estación lluviosa (B).

rriente superficial impulsada por gravedad con dirección hacia la boca, que debe ser compensada con la reposición de agua salina desde abajo, a fin de mantener la distribución de la salinidad. Esto se realiza en virtud de una entrada a más bajo nivel, de agua con una salinidad relativamente más alta. La Figura 16b ilustra la estructura típica de la salinidad en la época de lluvias. Tanto la gradiente como la horizontal, están fuertemente desarrolladas, y el agua mezclada de la capa superficial está ampliamente circunscrita a los 20 ó 25 metros de arriba.

Con la disminución de la corriente, al final de la estación lluviosa, la acción de las mareas y de los vientos destruye la intensa estratificación de la salinidad, característica de la época de lluvia, de modo que el sistema de circulación a que se ha hecho referencia es reemplazado por una estructura de salinidad esencialmente oceánica (Figura 16a).

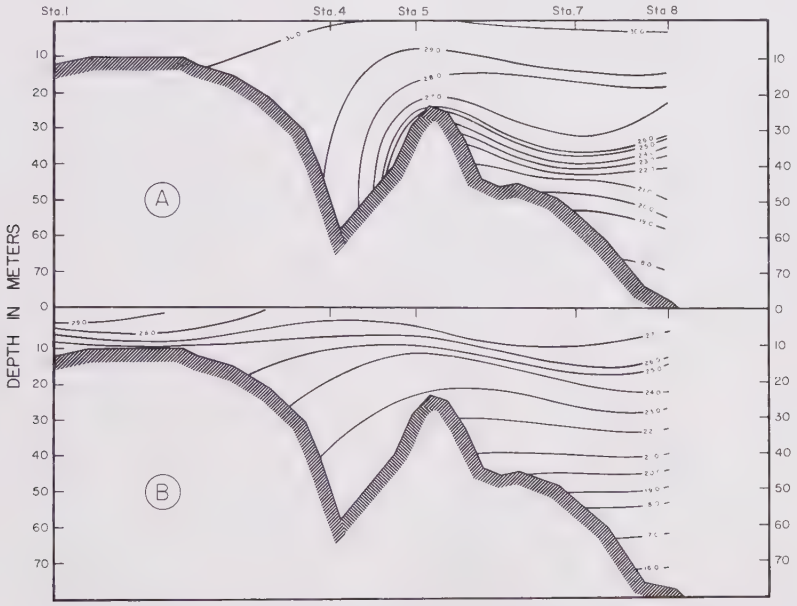

FIGURA 17. Perfiles típicos de la temperatura en el Golfo de Nicoya durante la estación seca (A) y la estación lluviosa (B).

Los cambios estacionales en la estructura de la temperatura del Golfo (Figura 17) siguen muy de cerca a los de la salinidad; es decir, que hay una fuerte estratificación durante la estación lluviosa y una tendencia hacia la homogeneidad en la estación seca, particularmente en los 20 ó 30 metros superficiales.

La variación estacional en la temperatura media de la columna de agua, generalmente no excede de 3°C. La temperatura mínima en todas las profundidades se alcanza en octubre o noviembre, durante el período de la temperatura mínima del aire; pero la temperatura máxima en la

columna de agua se mantiene un mes, o algo así, después del período en que la temperatura del aire ha alcanzado su más alto grado (abril).

Si hizo un análisis del record de calor para determinar si los cambios de temperatura observados en el Golfo podrían ser o no explicados enteramente en términos de intercambios de calor con la atmósfera (insolación solar, evaporación, conducción, etc.). Los datos indican que el mar absorbe continuamente más calor de la atmósfera del que pierde hacia ésta, de manera que, a fin de que sea mantenido el equilibrio del calor, hay indicación de una advección de aguas tibias del Golfo hacia el mar. El análisis de los cambios de temperatura observados demuestra que esa contribución de aguas tibias que da el Golfo, llega a su máximum durante la estación lluviosa. Indudablemente, una gran parte de esta pérdida de calor observada durante la época de lluvias se debe a la corriente de agua dulce y tibia con dirección al mar, que se mueve a causa de la cabeza isostética del Golfo.

Publicación de los resultados de la investigación

Como se dijo en el informe de la Comisión (página 30) fueron publicados durante el año, en la serie de Boletines, cinco trabajos sobre investigaciones.

El personal de la Comisión también utiliza otros medios de publicación. Nueve trabajos fueron publicados durante el año, a saber:

16. Shimada, Bell M.
1958 Diurnal fluctuations in photosynthetic rate and chlorophyl "a" content of phytoplankton from Eastern Pacific waters.
Limnology and Oceanography, Vol. 3, No. 3, pp. 336-339.

17. Schaefer, Milner B.
1958 Utilization and conservation of the tuna resources of the Eastern Tropical Pacific Ocean.
Trans. 22nd North American Wildlife Conference, pp. 472-484.

18. Schaefer, Milner B.
1957 Large scale biological experiments using radioactive tracers.
Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries. Nat. Acad. Sci.-Nat. Res. Council Publ. No. 551, pp. 133-137.

19. Revelle, Roger and M. B. Schaefer
1957 General considerations concerning the ocean as a receptacle for artificially radioactive materials.
Effects of Atomic Radiation on Oceanography and Fisheries. Nat. Acad. Sci. - Nat. Res. Council Publ., No. 551, pp. 1-25.

20. Schaefer, Milner B. and Yvonne M. M. Bishop
1958 Particulate iron in offshore waters of the Panama Bight and in the Gulf of Panama.
Limnology and Oceanography, Vol. 3, No. 2, pp. 137-149.

21. Wooster, Warren S. and Townsend Cromwell
1958 An oceanographic description of the Eastern Tropical Pacific.
Scripps Inst. Oceanogr., Bull., Vol. 7, No. 3, pp. 169-282.

22. Brandhorst, Wilhelm
1958 Nitrite accumulation in the North-East Tropical Pacific.
Nature, Vol. 182, pp. 679.

23. Brandhorst, Wilhelm
1958 Thermocline topography, zooplankton standing crop, and mechanism of fertilization in the Eastern Tropical Pacific.
Jour. du Cons. Internat. Explor. de la Mer, Vol. 24, No. 1, pp. 16-31.

24. Sund, Paul N.
1958 A study of the muscular anatomy and swimming behavior of the sea anemone, *Stomphia coccinea*.
Quart. Jour. Micr. Sci., Vol. 99, Part 3, pp. 401-420.

SCIENTIFIC STAFF

1958

Milner B. Schaefer	Director of Investigations
Gerald V. Howard	Senior Scientist
Bell M. Shimada	Senior Scientist (Deceased June 2, 1958)
Townsend Cromwell	Senior Scientist (Deceased June 2, 1958)
Gordon C. Broadhead	Senior Scientist
Martin J. Pollak	Senior Scientist (From Dec. 1)
Richard C. Hennemuth	Senior Scientist
Franklin G. Alverson	Scientist
Izadore Barrett	Scientist
Edward B. Bennett	Scientist (From Sept. 2)
Bruce M. Chatwin	Scientist
Craig J. Orange	Scientist
Clifford L. Peterson	Scientist
Gilbert W. Bane	Scientist (to Sept. 15)
William H. Bayliff	Scientist (from May 6)
Wilhelm Brandhorst	Scientist (to March 30)
Raymond C. Griffith	Scientist
James Joseph	Scientist (from June 9)
Witold L. Klawe	Scientist
Antonio Landa	Scientist (from Jan. 13)
Fred M. Larmie	Scientist (to April 18)
John G. Simpson	Scientist
Paul N. Sund	Scientist
Joseph Milton Bally	Junior Scientist (June 17-Sept. 10)
Austin R. Magill	Junior Scientist (from Oct. 9)
Robert W. Hetzler	Junior Scientist
Eric D. Forsbergh	Junior Scientist (from Sept. 21)
James A. Renner	Junior Scientist (to May 31)
Hernan Sobrado H.	Junior Scientist